Astron. (Y.)

The University of Chicago
Libraries

Cres Cat Sci entia Vita Exco latur

THE UNIVERSITY OF LIBRARIES

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte

auf den Gebieten der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XVIII. Jahrgang 1907.

Mit fünf Tafeln.

EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1908.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARIES

QP
.J2

602026

Inhaltsübersicht.

Seite

Inhaltsübersicht . . . . . III—VIII

Astrophysik.

Die Sonne . . . . . 1—17

Die Sonnenparallaxe nach den Beobachtungen des Eros 1

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1906, von Prof. Wolfer 2

Die charakteristischen Erscheinungen der Sonnenfleckenspektra, von George E. Hale, Walter S. Adams und Henry G. Gale 3

Die Wärmestrahlung der Sonne, von Ch. Féry und G. Millochau untersucht 5

Die vertikale Temperaturabnahme in der Sonnenatmosphäre, von Prof. Schwarzschild 6

Photographische Vergleichung des Spektrums im Zentrum und am Rande der Sonnenscheibe, von George E. Hale und Walter S. Adams 7

Neue spektroskopische Untersuchungen der Sonne, von Dr. Halm 7

Die Sonnenfinsternis am 30. August 1905, durch die Expedition der Göttinger Sternwarte beobachtet 14

Das Zodiakallicht 17

Das Zodiakallicht nach Prof. v. Seeliger 17

Planeten und Trabanten . . . . . 20—33

Planetenentdeckungen im Jahre 1906 20

Neue Planeten der Jupitergruppe der Asteroiden 24

Mars, von W. F. Denning beobachtet 25

Die Lage der Ebene des Saturnringes, von B. Peter neu bestimmt 28

Neue Untersuchungen über die Helligkeitsschwankungen der vier großen Jupitermonde, von Dr. P. Guthnick 29

Flecke auf der Oberfläche des 3. Jupitermondes 31

Frühere Beobachtungen des 6. Jupitermondes 32

Neu berechnete Bahnelemente des 6. Jupitermondes, von F. E. Roß berechnet 32

Neue Bahnelemente des 7. Jupitermondes, von Frank E. Roß berechnet 33

Der Mond 33

Die Rotation und Gestalt des Mondes, neue Untersuchungen von F. Hayn 33

Kometen . . . . . 40—50

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1906 40

Die Bahn des Kometen 1905 IV 44

Die vorwiegende Bahnform der Kometen 45

Die wahrscheinlichste Bahnform der Kometen 47

Die scheinbare Verlängerung eines Kometenschweifes beim Durchgang der Erde durch die Ebene der Kometenbahn, von Dr. J. Holetschek untersucht 48

Seite

Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1903 IV im Raume, von A. Kopff untersucht 49
Definitive Bahnbestimmung der Kometenschweifmaterie 50
Meteore . . . . . 50—54
Die Bahnen der Meteore vom 18. Januar und 29. Juni 1905, von Prof. G. Nießl untersucht 50
Der Meteorit von Cañon Diablo 52
Gestalt und Oberfläche der Meteoriten nach Prof. Berwerth 52
Meteoreisen und Stahl 53
Fixsterne . . . . . 54—113
Abgekürzte Bezeichnungen für Sternkataloge nach Prof. A. Auwers 54
Untersuchungen über Fixsternparallaxen auf dem Yaleobservatorium 62
Neue Bestimmungen von Fixsternparallaxen durch photographische Aufnahmen, von Arthur R. Hinks und Henry Norris Rusell 63
Parallaxenbestimmung von Fixsternen durch Meridianbeobachtungen von E. Jost 69
Benennungen von neuentdeckten veränderlichen Sternen 73
Neue Veränderliche auf Photographien der Harvardsternwarte entdeckt 79
Der Veränderliche χ Cygni, von H. Rosenberg untersucht 82
Der Lichtwechsel des Veränderlichen ST Herculis, von G. Müller und P. Kempf untersucht 83
Die Helligkeitsänderungen des Sternes X Persei, von G. Müller und P. Kempf untersucht 83
Der Veränderliche des Algoltypus RZ Cassiopejae, von Prof. Hartmann skeptroskopisch untersucht 85
Die Nova Sagittarii, von Prof. Barnard beobachtet 85
Das Spektrum von Mira Ceti, von V. M. Slipher photographisch aufgenommen 86
Die Spektra von R Coronae und 12 Canum, von H. Ludendorff untersucht 87
Entdeckungen und Vermessungen neuer Doppelsterne auf der Licksternwarte 90
Von Espin aufgefundene Doppelsterne 101
Der Stern 13 Ceti 103
Doppelsternbahnen, von Prof. W. Doberck neu berechnet 104
Über das Sternsystem ε Hydrae, von H. v. Seeliger 105
Sterne mit veränderlicher Radialbewegung 107
Der spektroskopische Doppelstern β Andromedae 107
Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes λ Arietis, von Dr. H. Ludendorff genauer bestimmt 108
Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes $\varkappa$ Cancri 111
Der spektroskopische Doppelstern β Cephei 111
Sternhaufen und Nebelflecke . . . . . 113—139
Der Sternhaufen Messier 92 im Herkulus, von K. Bohlin vermessen 113
Die Nebel um die Nova im Perseus, von A. Kopff 114
Untersuchungen über den Andromedanebel, von P. Götz 120
Der planetarische Nebel M 97 im großen Bären, von Prof. E. E. Barnard beobachtet 128
Nebelfleckhaufen und Nebelreichtum im Saggittarius, von Prof. M. Wolf 131
Die Sternverteilung um die großen Nebel bei ξ Persei und 12 Monocerotis, von K. Lohnert untersucht 132
Dunkle Materie unter den Nebelflecken 133
Die Milchstraße nach Prof. Wolf 134

Seite

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde . . . . . 140—151
Über die Konstitution des Erdinnern, von R. D. Oldham 140
Die Deformation des Erdkörpers unter dem Einflusse von Sonne und Mond 140
Untersuchung über den Starrheitskoeffizienten der Erde, von W. Schweydar 145
Die absolute Größe der Schwerkraft zu Potsdam 148
Schwerkraftsbestimmungen auf dem Ozeane 149
Die sogenannten Massendefekte unter Gebirgen und Hochländern 150
Die Ergebnisse der geodätischen und geophysikalischen Beobachtungen in Nordamerika 151
Oberflächengestaltung . . . . . 152—173
Die Geest Ostfrieslands 152
Die Veränderungen der Ostseeküste im Kreise Hadersleben, Untersuchung von Dr. G. Wegemann 156
Die mährischen Karsttäler, von Prof. R. Trampler 159
Die in historischer Zeit erfolgten Bergstürze in Bayern, nach Dr. J. Reindl 161
Ein tönender Berg 162
Die spanische Sierra Nevada, von A. Benrath geschildert 163
Die Halbinsel Shan-tung 164
Alaska, von Alfred H. Brooke geschildert 166
Gebirgserhebungen und Meeresbecken, von D. L. Waagen 170
Erdmagnetismus . . . . . 173—176
Über magnetische Störungen zu Batavia, Bericht von Dr. W. van Bemmelen 173
Magnetische Variationsbeobachtungen in einem Bergwerke . . . 174
Die Ursache der magnetischen Störungen und der Ursprung des Erdmagnetismus, von Prof. Birkeland 175
Erdbeben . . . . . 176—219
Die Beobachtung entfernter Erdbeben nach dem heutigen Zustande der Wissenschaft, von F. Omori 176
Bearbeitungen makroseismischer Erdbeben, von J. v. Janósi und A. Réthly 185
Über die Wellenbewegungen bei Erdbeben, von Dr. J. B. Messerschmitt 186
Jährliche Periode der Erdbebenhäufigkeit in Potsdam 187
Die Erdbeben Nordbayerns, von Dr. Jos. Reindl 188
Erdbebenherde und Herdlinien in Südwestdeutschland, von C. Regelmann 191
Schallphänomene beim Laibacher Erdbeben im Jahre 1895 . . . 192
Die Erdbeben Ungarns im Jahre 1906 192
Das westungarische Erdbeben von Jókeö am 10. Januar 1906, nach A. Réthly 194
Erdbeben in Serbien 1905 195
Das kalabrische Erdbeben am 8. September 1905, Studie von G. Mercalli 196
Das Erdbeben von Accra in Togo, von Dr. Koert beschrieben . 197
Das Erdbeben von Charleston am 31. August 1886, von E. Harboe . 198
Das Erdbeben von Jamaika am 14. Januar 1907 200
Das Erdbeben von San Jacinto (am 25. Dezember 1899) in Südkalifornien 203
Das Erdbeben vom 31. Januar 1906 in Kolumbien 205
Die Bewegungen der Erdoberfläche an der pacifischen Küste. . . 209

Seite

Die Erdbeben in ihrer Beziehung zum Aufbaue der Erdrinde, von Prof. F. Frech 211
Über die Ursachen der Erdbeben und einige verwandte Erscheinungen, von Prof. T. J. J. See 215
Vulkanismus . . . . . 219—243
Normaler und anormaler Wert der geothermischen Tiefenstufe, von Prof. Königsberger 219
Das vulkanische Ries und seine Erdbeben, Untersuchungen von Dr. J. Reindl 219
Die Vulkanreihen und Erdbebengebiete Amerikas, von Prof. Dr. E. Deckert 220
Lavaspalten und Kraterrillen auf Island, von Dr. W. v. Knebel geschildert 222
Die nacheinanderfolgenden Phasen der vulkanischen Tätigkeit auf Island, von Dr. K. Schneider 226
Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln, Studie von Hans Simmer 228
Der Gebirgsbau und die Vulkane Sumatras, von Prof. Dr. Wilhelm Volz 229
Der Ausbruch des Matavanu auf Savaii, von Prof. Sapper 233
Die vulkanischen Bildungen Hawaiis, von Prof. W. Pickering . . 236
Neuer Vulkan in den chilenischen Kordilleren, von Dr. Steffen . 239
Über das vulkanische Problem, von W. Pickering 240
Das Meer . . . . . 243—269
Neue Untersuchungen über das Relief des Meeresbodens 243
Lotungen im westlichen Stillen Ozean 278
Die Dimensionen der Meereswellen, von M. Bertin besprochen . . 251
Das System der Meeresströmungen, von Witte 252
Ostbaltische Seebären, Studie von Prof. Dr. B. Doß 256
Der finnische Meerbusen, von Dr. Eugen Ferd. Piccard 257
Die Strömungsverhältnisse im Golfe von Mexiko, von Leutnant John C. Soley 261
Die Gezeiten in der Madura- und in der Soerabajastraße, von Dr. D. F. Tollenaar erörtert 266
Die ozeanographischen Verhältnisse in der Umgebung Spitzbergens, von A. G. Nathorst 267
Inseln . . . . . 269—272
Eine Schlamminsel 269
Die Comoren, von Prof. Dr. A. Voeltzkow 270
Quellen und Höhlen . . . . . 272—281
Das Geisergebiet auf Island, von Prof. Herrmann 272
Die Entstehung heißer Mineralquellen, nach Gautier 273
Den Ursprung der Gase in den Mineralquellen, nach Lord Rayleigh, Dewar u. a. 274
Schwefelsäurehaltige heiße Quellen, die ihren Thermalcharakter menschlicher Bautätigkeit verdanken, von Dr. Wagner . . . 275
Die Radioaktivität der Mineralquellen, von C. Engler und H. Sieveking untersucht 276
Höhlenforschungen in Kalifornien, von Furlong 281
Flüsse . . . . . 282—294
Die Leba und ihr Ost-West-Tal, von Dr. phil. Axel Schmidt . . 288
Das Wasserregime des Dalelf, von Axel Wallen 290
Über die Physiographie des Niles, von H. G. Lyons 290
Der Pilcomayo 292
Seen und Moore . . . . . 294—315
Die Bodenseeforschung, von Prof. Dr. S. Günther 294

Seite

Die geophysikalischen Verhältnisse des Bodensees, von C. B. Kluntziger dargestellt 298
Die Niveauschwankungen des Chiemsees, von Dr. Anton Endrös beobachtet 301
Die Seen und Sölle Neuvorpommerns und Rügens, von A. Bellmer untersucht 302
Der Saltonsee in Kalifornien, von Prof. Dr. H. Erdmann 305
Der Lopnor, von Prof. Ellsworth Huntington 307
Das Wasser des Toten Meeres, von Prof. Dr. A. Stutzer und Dr. A. Reich 308
Der Leopold II.-See, von A. J. Wauters 309
Der große Moosbruch im südlichen Teile des Memeldeltas, von A. Klautsch untersucht 310
Ein tropisches Moor mit Torfboden, von Dr. S. H. Koorders . . 311
Glazialphysik . . . . . 314—315
Glazialgeologische Untersuchungen in den Liptauer Alpen, von Dr. Roman Lucerna 313
Die Eiszeit Südamerikas, von Prof. Steinmann 314
Lufttemperatur . . . . . 315—324
Die Erforschung der hohen Atmosphäre in der arktischen Zone, von Prof. Hergesell 315
Die Temperaturabnahme bis zu den größten bis jetzt erreichten Höhen 316
Die Temperaturverteilung mit zunehmender Höhe in der Atmosphäre, von H. G. van de Sande untersucht 317
Temperaturnormalien in den hohen Luftschichten im November 1906, von Prof. Köppen 317
Die Größe der nächtlichen Ausstrahlung in Wien, von Dr. R. Schneider und J. Krčmar 320
Die mittlere Dauer des Frostes auf der Erde, von O. Dornscheid . . 312
Die Beziehungen zwischen Druck und Temperatur bei mit der Höhe veränderlichen Temperaturgradienten, von Dr. A. Defant 323
Luftdruck . . . . . 324—331
Der ungewöhnlich hohe Barometerstand im Januar 1907, von O. V. Johansson 324
Über die unperiodischen Luftdruckschwankungen und einige damit zusammenhängende Erscheinungen, von Nils Ekholm 326
Grundzüge einer Theorie der synoptischen Luftdruckveränderungen, von Dr. Felix M. Exner 328
Vieltägige Perioden des Luftdruckes, von Prof. E. Herrmann . . 329
Die Luftzirkulation in den tropischen Gebieten des Atlantischen Ozeans, von L. Teisserenc de Bort und L. Rotch 330
Wolken und Niederschläge . . . . . 331—357
Wolkenbildung über San Franzisko während des Brandes, von Prof. George D. Louderback 331
Die angebliche wolkenzerstreuende Kraft des Mondes, von Otto Meißner 332
Die Entwicklung unserer Kenntnis von der Bildung und Konstitution der Wolken, von Dr. V. Conrad behandelt 232
Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa, von H. Keller 336
Die zonenweise Verteilung des Niederschlages, von Dr. F. v. Kerner 343
Der Regenfall des SW-Monsuns Indiens in seinen Beziehungen zu den Witterungszuständen entfernter Gegenden, von Prof. J. Hann mitgeteilt 350
Luftelektrizität . . . . . 357—364
Die Gewitterbeobachtungen und die Gewitterhäufigkeit an einigen Beobachtungsstationen der Alpen, insbesondere an Gipfelstationen, von A. v. Obermayer 357

Seite

Gewitterstudien an den oberbayerischen Seen, von Georg Breu . 358
Eine Studie über Wirbelgewitter, von K. Langbeck 360
Beobachtungen über Niederschlagselektrizität, von E. Weiß . . . 362
Über den Cirrusschirm bei Gewittern, von Prof. Kaßner 363
Ein Kugelblitz 363
St. Elmsfeuer auf der Bai des Chaleurs 364
Klimatologie und Wetterprognosen . . . . . 364—372
Ein klimatologischer Atlas von Indien, von Sir John Eliot . . . 364
Über Wetterprognosen, von Prof. Nils Ekholm 371

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel I. Aussehen des 3. Jupitermondes von November 1906 bis März 1907.
„ II. Dunkle Kanäle und Nebel im Sternbilde des Stiers.
„ III. Bewegung des Lotes unter dem Einfluß des Mondes.
„ IV. Spalten im Lavafeld von Thingvellir (Logberg).
„ V. Der Saltonsee in Kalifornien.

Astrophysik.

Sonne.

Die Sonnenparallaxe nach den Beobachtungen des Eros. Die Annäherung des kleinen Planeten Eros an die Erde während seiner Opposition im Oktober 1900 bis zum Januar 1901, bei der er unserem Planeten bis auf 0.315 Erdbahnhalbmesser nahe kam, ist von verschiedenen Observatorien benutzt worden, nach einem gemeinsamen Plane durch photographische Beobachtungen einen scharfen Wert für die Sonnenparallaxe zu ermitteln. Infolgedessen sind überaus zahlreiche Aufnahmen ausgeführt worden, deren endgültige Bearbeitung aber noch geraume Zeit ausstehen wird. Unter diesen Umständen hat der Kgl. Astronom zu Greenwich es für richtig gehalten, zunächst den allein aus den Greenwicher Beobachtungen sich ergebenden Wert der Sonnenparallaxe definitiv abzuleiten. Im ganzen wurden bei dieser Untersuchung 151 Aufnahmen mit dem 13-zolligen photographischen Refraktor und 103 mit dem 26-zolligen (Thompson-)Äquatorial ausgemessen, welche sich über den Zeitraum vom 1. Oktober 1900 bis zum 25. Februar 1901 erstrecken. Die Ausmessungen und Berechnungen, die unter Berücksichtigung aller Umstände aufs genaueste durchgeführt wurden, ergaben folgenden als definitiv angenommenen Wert der Sonnenparallaxe $\pi = 8.800''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0.0044''$. Es ist merkwürdig, aber natürlich nur zufällig, daß dieser Wert für die Sonnenparallaxe vollkommen übereinstimmt mit dem auf der internationalen Konferenz zu Paris (1896) als vorläufig für den Gebrauch in den astronomischen Ephemeriden angenommenen Werte. Es ist wünschenswert, daß die andern an den Erosbeobachtungen beteiligten Observatorien in ähnlicher Weise wie Greenwich, jede für sich die aus ihren Beobachtungen folgende Größe der Sonnenparallaxe ermitteln. Nachdem dieses geschehen, wird eine endgültige Berechnung derselben auf Grund der Erosbeobachtungen 1900 bis 1901 ausgeführt werden.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1906 wurde von Prof. Wolfer (Zürich) in der altgewohnten Weise festgestellt.[1]) In der folgenden Tabelle sind die monatlichen Relativzahlen, welche sich aus den Beobachtungen zu Zürich und aus sämtlichen übrigen Aufzeichnungen ergaben, zusammengestellt.

1906	Beob.-Tage	Fl.-freie Tage	Relativzahl
Januar	31	0	45.5
Februar	28	0	31.3
März	31	0	64.5
April	30	0	55.3
Mai	31	0	57.7
Juni	30	0	63.2
Juli	31	0	103.3
August	31	0	47.7
September	30	0	56.1
Oktober	31	4	17.8
November	30	0	38.9
Dezember	31	0	64.7
Jahr	365	4	53.8

Hiernach stellt sich das definitive Jahresmittel der beobachteten Relativzahlen für 1906 auf r = 53.8, was gegenüber dem Vorjahre 1905 (r = 63.5) bereits eine Abnahme von zehn Einheiten ergibt. „Es unterliegt also wohl keinem Zweifel, daß das Maximum der laufenden 11-jährigen Periode überschritten ist, aber die Bestimmung seiner Epoche ist gegenwärtig noch nicht mit voller Sicherheit möglich, denn die Reihe der Monatsmittel der beobachteten Relativzahlen zeigt, wenn die bis heute vorliegenden Beobachtungen von 1907 noch hinzugezogen werden, drei Maxima von nahe übereinstimmender Höhe, nämlich

1905 November mit r = 107.2
1906 Juli „ r = 103.3
1907 Februar „ r = 107.0

aus denen hervorgeht, daß die Tätigkeit noch bis in den Anfang von 1907 sich zeitweilig zu gleicher Stärke wie vorher erhoben hat. Dies macht sich in ähnlicher Weise auch in den ausgeglichenen Relativzahlen geltend, die für die Ermittlung der Maximal- und Minimalepochen allein maßgebend sind. Die Monatsmittel bewegen sich immer noch zwischen weiten Grenzen; das größte im Juli mit r = 103.3 und das kleinste im Oktober mit r = 17.8 liegen um 85.5 Einheiten auseinander, ein Betrag, der die entsprechende Amplitude des Jahres 1905 noch um 17 Einheiten übersteigt.

„Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Fleckenbildungen des Jahres 1906 sich nach Zahl und Stärke überwiegend auf drei Gebieten der äquatorialen Fleckenzone angehäuft haben, deren eines in den kleinen, ein zweites in den mittlern, das dritte

[1]) Astr. Mitt. Nr. XCVIII. — Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich 1907.

in den großen heliographischen Längen lag. Keines dieser Gebiete blieb ununterbrochen während des ganzen Jahres in gleicher Intensität mit Flecken besetzt, sondern jedes von ihnen läßt zeitweise ein vorübergehendes Nachlassen und späteres Wiederzunehmen der fleckenbildenden Tätigkeit erkennen. Darin liegt offenbar nur eine besondere Folge des oszillierenden Charakters der ganzen Erscheinung überhaupt, und es ist bemerkenswert, daß, ungeachtet dieser Schwankungen der Intensität, die örtliche Verteilung dennoch in der Hauptsache während des ganzen Jahres dieselbe geblieben ist."

Die charakteristischen Erscheinungen der Sonnenfleckenspektra. Hierüber machten George E. Hale, Walter S. Adams und Henry G. Gale vorläufige Mitteilungen.[1]) Als charakteristische Eigentümlichkeiten der Spektra der Sonnenflecken treten besonders drei Punkte in den Vordergrund: 1. die Tatsache, daß in dem Spektrum eines bestimmten Elementes einige Linien verstärkt, andere hingegen geschwächt sind, und der Rest der Linien unverändert bleibt. 2. daß alle verstärkten Linien im sichtbaren Spektrum liegen, keine im Ultraviolett vorkommt, und daß sie im Rot, Gelb und Grün vorherrschen. 3. daß der kontinuierliche Hintergrund des Fleckenspektrums in der weniger brechbaren Gegend relativ sehr intensiv ist. Anderseits wissen wir von den Spektren bei verschiedenen Temperaturen: 1. daß beim Übergang von einer hohen Temperatur zu einer tiefen manche Linien verstärkt werden, andere unverändert bleiben und noch andere an Intensität einbüßen; 2. daß eine derartige Abnahme der Temperatur begleitet ist von einer Zunahme der relativen Intensität der weniger brechbaren Linien und einer Verschiebung des Maximums des kontinuierlichen Spektrums nach dem Rot. Diese beiden Gruppen von Tatsachen entsprechen einander im allgemeinen so gut, daß sie miteinander in engere Beziehung gebracht und zur Erklärung der Spektra der Sonnenflecken die Hypothese aufgestellt wurde, daß in den Flecken die Metalldämpfe eine niedrigere Temperatur besitzen als in der Photosphäre.

Zur Untersuchung dieser Hypothese lag ein reiches, zuverlässiges Material an Photographien der Sonnenfleckenspektra vor, das ergänzt wurde durch Laboratoriumsversuche über die Spektra der Metalle Titan, Vanadium, Eisen, Chrom, Mangan, Kalzium u. a. im elektrischen Bogen eines starken elektrischen Stromes (30 Amp.) und eines schwachen (2 Amp.), sowie im elektrischen Funken. Die Spektra wurden mit einem Gitterspektroskop dargestellt und photographisch fixiert. Die Verfasser geben nun für die vorläufige Untersuchung zwei Reihen von Tabellen der Spektral-

[1]) Contributions from the Solar Observatory Nr. 11. — Naturwissenschaftl. Rundschau 1907. Nr. 14.

linien eines jeden der erstgenannten fünf Elemente von λ 5800 bis ins Violett, die in den Sonnenflecken, in den beiden Bogen und im Funken Veränderungen zeigen beim Vergleiche der Fleckenspektra mit denen der Sonnenscheibe und beim Übergange von dem einen zum andern Bogen oder Funken.

In der ersten Reihe der Tabellen sind für jedes der genannten Metalle die Wellenlängen aller Linien gegeben, welche in den Flecken hervorragend verändert sind, die Größe der Veränderungen, ihr Verhalten im Schwachstrombogen verglichen mit dem im Starkstrome, und im Funken im Vergleiche zum Schwachstrome nach einer willkürlichen Skala von 0 bis 5. Die zweite Reihe der Tabellen besteht aus einer Vergleichung der Intensitäten derjenigen Linien dieser Elemente, die bedeutend vergrößert (enhanced) sind im Funken, mit ihren Intensitäten im schwachen Bogen.

Die Diskussion der in den Tabellen zusammengestellten Werte führt die Verfasser zu den nachstehend kurz zusammengefaßten Ergebnissen:

„1. Diese Abhandlung enthält eine vorläufige Studie der wichtigern Sonnenfleckenlinien in dem Spektralgebiete oberhalb λ 5800, die dem Titan, Chrom, Eisen, Vanadium und Mangan angehören — den für die Sonnenflecken charakteristischen Metallen. 2. Über 90% der Linien in unsern Tabellen, welche in den Sonnenflecken verstärkt sind, findet man auch verstärkt beim Übergange von einem 30 Amp.-Bogen zu einem 2 Amp.-Bogen. 3. Über 90% der Linien, die nach unsern Tabellen in den Sonnenflecken geschwächt erscheinen, sind schwächer oder fehlen im 2 Amp.-Bogen. 4. Über 90% der vergrößerten Linien (des Funkens), die in unsern Tabellen vorkommen, sind schwach oder fehlen in dem 2 Amp.-Bogen. 5. In einer Reihe von 152 aufs Geratewohl entnommenen Linien, die keine Fleckenlinien sind, wurde kein Fall von Linien gefunden, die im Schwachstrombogen oder in der Flamme verstärkt sind. 6. Wir sind noch nicht so weit, eine endgültige Meinung auszusprechen, aber wir neigen zu der Ansicht, daß Temperaturunterschiede eine zulängliche Erklärung der obigen Erscheinung sind. Unsere Gründe für diese Ansicht können wie folgt zusammengefaßt werden: a) die Ähnlichkeit der spektroskopischen Erscheinungen des Schwachstrombogens mit denen des synchronischen, untern Phasenbogens, der von Crew für einer niedrigen Temperatur entsprechend gehalten wird; b) die wahrscheinliche Abnahme der Temperatur des Bogens mit abnehmender Stromstärke; c) das Verhalten der vergrößerten Linien in dem 2 Amp.-Bogen; d) das Vorkommen der Sonnenfleckenlinien in den roten Sternen."

In einem längern Zusatz zu ihrer Abhandlung geben die Verfasser Daten über ihre weitern Untersuchungen der Frage, besprechen die Einwände, welche gegen die Temperaturhypothese erhoben werden können, und widerlegen sie teilweise unter Hinweis auf die

fernern Arbeiten, von denen eine definitive Entscheidung erwartet werden muß.

Die Wärmestrahlung der Sonne. Ch. Féry und G. Millochau haben mittels eines von dem erstgenannten zur Messung hoher Temperaturen in technischen Betrieben konstruierten „pyrometrischen Teleskops" versucht, die Wärmestrahlung der Sonne zu messen.[1]) Das benutzte Instrument ist ein Fernrohr von 103 *mm* Objektivdurchmesser und 0.8 *m* Brennweite. In dem Brennpunkte desselben ist ein Thermoelement aus Eisen-Konstantan angebracht, das die Gestalt eines Fadenkreuzes hat, und bei dem die Masse der Lötstelle ungefähr 1 *mg* beträgt. Man erblickt in diesem Instrumente bei genauer Einstellung das Fadenkreuz des Thermoelements, sowie gleichzeitig das am Himmel zu beobachtende Objekt. Das Rohr ist verschlossen durch ein von zwei Metallkreisen gebildetes Diaphragma, von denen der eine fest, der andere drehbar ist, und jeder einen Ausschnitt in Form eines Quadranten besitzt. Die Öffnung des auf das Thermoelement auffallenden Strahlenbündels kann also von 0 bis zur halben Rohröffnung variiert werden. Die Thermokraft des Eisen-Konstantanelements wurde mit einem Galvanometer mit beweglicher Spule bestimmt und bei den Messungen die Öffnung des Diaphragmas stets so klein gehalten, daß der Ausschlag des Galvanometers nicht mehr als 1 Millivolt ausmachte. Bis zu dieser Grenze waren die Angaben des Galvanometers stets proportional der Fläche des Diaphragmas.

Die Kalibrierung des Instrumentes erfolgte durch Einstellung auf einen elektrischen Ofen von 1673°. Die Temperaturmessungen der Sonnenscheibe wurden ausgeführt in dem Observatorium Janssen auf dem Montblanc (4810 *m*), in Grands-Mulets (3050 *m*), in Chamonix (1030 *m*) und in Meudon (150 *m*). Im Mittel ergab sich aus den Messungen zu Meudon 4820°, in Chamonix 5140°, auf dem Montblancgipfel 5560°. Die bei den zu verschiedenen Tagesstunden stattfindenden Sonnenhöhen sich ergebenden Differenzen zwischen den ermittelten Temperaturen gestatten, den Einfluß der Absorption in der Erdatmosphäre zu eliminieren, worauf sich als effektive Sonnentemperatur der Wert 5620° ergab.

Außer diesen Messungen wurden auch Beobachtungen in der Weise ausgeführt, daß man das Sonnenbild sich über das Fadenkreuz des Instrumentes fortbewegen ließ und die hierbei angezeigten Temperaturen ermittelte. Die so längs eines Durchmessers der Sonnenscheibe gemessenen Temperaturen gestatten dann, die Korrektion für die Absorption in der Sonnenatmosphäre zu bestimmen. Für die absolute Temperatur des Sonnenkernes (?) er-

[1]) Compt. rend. 1906. **143**. p. 505. 570. 781.

gaben sich zuletzt Werte von 5888 bis 5963°. Es scheint hiernach, daß die effektive Temperatur nicht viel von 6000° verschieden sein dürfte.

Die vertikale Temperaturabnahme in der Sonnenatmosphäre. Prof. Schwarzschild benutzte[1]) die Erscheinung der Lichtabnahme von der Mitte zum Rande der Sonne zur Entscheidung der Frage, ob in den obern Schichten des Sonnenballes, in der Sonnenatmosphäre, „adiabatisches" oder „Strahlungsgleichgewicht" überwiege, ob also durchmischende Bewegungen oder aber ausschließlich nur Strahlung die Energie aus der Tiefe von Schicht zu Schicht übertrage. Die theoretischen Beobachtungen liefern verschiedene interessante Folgerungen. So findet Schwarzschild bei Annahme „isothermen" Gleichgewichtes, gleicher Temperatur bei verschiedenem Drucke usw., daß sich für ein Gas vom Molekulargewicht der Luft, bzw. des Wasserstoffes, Druck und Dichte auf 14.7, bzw. 212 *km* Tiefenzunahme verzehnfachen würden. Das entspricht, von der Erde gesehen, Winkeln von 0.02″, bzw. 0.29″. Eine so rasche Zunahme der Dichte auf so geringen Strecken würde sehr wohl die scharfe Begrenzung der Sonnenscheibe erklären. Bei adiabatischem Gleichgewichte würde sich auf der Sonne der Temperaturgradient für Luft zu 1° auf 3.63 *m*, für Wasserstoff zu 1° auf 52 *m* ergeben. Um also zu der Temperatur 6000° zu kommen (der sog. effektiven Oberflächentemperatur), brauchte man von der Atmosphärengrenze, wo Druck, Dichte und Temperatur = 0 sind, nur 22 *km* hinab zu steigen, wenn es sich um Luft, und 300 *km*, wenn es sich um Wasserstoff handelte. Das Strahlungsgleichgewicht würde eine unendlich weite Erstreckung der Sonnenatmosphäre bei konstanter (relativ hoher) Temperatur in großer Höhe und allerdings verschwindender Dichte ergeben. Es wäre stabil für eine Atmosphäre aus ein-, zwei- und dreiatomigen Gasen, instabil für tiefere, heißere Schichten und für mehratomige Gase. Für die Abnahme der Strahlung von der Mitte zum Rande der Sonnenscheibe führt diese Annahme über die Zustände im Sonnenballe zu andern Resultaten als die Annahme des adiabatischen Gleichgewichtes. Die von Prof. Schwarzschild unter diesen beiden Hypothesen berechneten Verhältniszahlen sind in folgender Tabelle unter Str. und Ad. aufgeführt unter Beifügung der von ihm zitierten Beobachtungsdaten (M.) aus G. Müllers „Photometrie der Gestirne", sowie der Juliusschen Resultate (Jul.); d ist der Abstand der betreffenden Zone von der Sonnenmitte in Teilen des Radius:

---

[1]) Über das Gleichgewicht der Sonnenatmosphäre. Nachr. d. K. Ges. d. Wissensch. in Göttingen, math.-physik. Klasse, 1906, Heft 1. Referat von Prof. Berberich in Naturw. Rundsch. 1906. 1. November, wonach oben der Text.

d	Str.	Ad.	M.	Jul.
0.0	1.00	1.00	1.00	1.000
0.2	0.99	0.98	0.99	0.986
0.4	0.95	0.92	0.97	0.940
0.6	0.87	0.80	0.92	0.855
0.8	0.73	0.60	0.81	0.701
0.9	0.63	0.44	0.70	0.550
0.95	0.54	0.31	0.61	0.440
1.0	0.33	0.00	(0.40)	(0.240)

„Man sieht, daß das Strahlungsgleichgewicht die Helligkeitsverteilung auf der Sonnenscheibe so gut darstellt, als bei den vereinfachten Voraussetzungen, unter denen hier gerechnet worden ist, erwartet werden kann, daß das adiabatische Gleichgewicht hingegen ein ganz anderes Aussehen der Sonnenscheibe zur Folge hätte. Damit hat die Einführung des Strahlungsgleichgewichtes eine gewisse empirische Rechtfertigung gefunden."

Nicht berücksichtigt hat Prof. Schwarzschild in dieser vorläufigen Untersuchung die von A. Schuster angenommene Zerstreuung des Lichtes an den Atmosphärenteilchen, Refraktion und Absorption, die Abnahme der Schwere mit der Höhe und die kugelförmige Ausbreitung der Strahlung. Er will daher seine Betrachtung nicht als abschließend oder zwingend angesehen wissen.

Photographische Vergleichung des Spektrums im Zentrum und am Rande der Sonnenscheibe. Schon 1873, dann 1879 und 1880 hat Prof. Hastings auf Grund seiner Untersuchungen ausgesprochen, daß das Spektrum der Mitte der Sonnenscheibe sich von demjenigen des Sonnenrandes nur äußerst wenig unterscheide, so daß ein Unterschied nur mit den vorzüglichsten Instrumenten eben wahrnehmbar werde. Einige der dicksten und dunkelsten Linien, besonders solche des Wasserstoffes, Magnesiums und Natriums, welche im Zentrum der Sonnenscheibe an der Seite weniger scharf begrenzt erscheinen, sind dies nicht mehr auf den Spektren des Sonnenrandes, einige andere Linien sind im Randspektrum der Sonne etwas schärfer oder dagegen schärfer im Spektrum des Sonnenmittelpunktes. George E. Gale und Walter S. Adams haben diese Untersuchungen mit verbesserten Instrumenten wieder aufgenommen[1]) und sind im ganzen zu einem sehr ähnlichen Resultat gekommen. Sie geben in einer Tabelle die Resultate ihrer Vergleichung des Spektrums der Sonnenmitte mit denen des Sonnenrandes für drei Regionen in verschiedenen Teilen des ganzen Spektrums, sowie Abbildungen der beiden Spektra in Lichtdruck.

Neue spektroskopische Untersuchungen der Sonne. Nach dem zuerst von Doppler (1842) aufgestellten Prinzip muß sich infolge der Bewegung einer Lichtquelle die Position ihrer Spektrallinien

[1]) Astrophysical Journal 1907. June. p. 300.

etwas ändern, und zwar findet bei Annäherung eine Verschiebung derselben gegen das violette, bei Entfernung vom Beobachter eine Verschiebung gegen das rote Ende des Spektrums hin statt. Diese Verschiebungen sind bei den unter den Weltkörpern vorkommenden Bewegungen äußerst gering, aber doch für unsere Instrumente meßbar. Zöllner hat zuerst nachgewiesen, daß diese Verschiebung ein Mittel darbiete, die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne direkt zu messen. Auf der uns zugewandten Seite der Sonne erfolgt die Bewegung von Osten nach Westen, so daß also die am östlichen Rande befindlichen Teile der Sonnenoberfläche sich uns nähern, die des westlichen Randes dagegen von uns entfernen. Infolgedessen müssen die Spektrallinien des östlichen Sonnenrandes gegen Violett, die des westlichen gegen Rot hin verschoben erscheinen, im Vergleiche zu ihrer Position auf der Mitte der Sonnenscheibe. Die Richtigkeit dieses Schlusses hat zuerst Prof. H. C. Vogel im Juni 1871 gezeigt, indem er eine unzweifelhafte Verschiebung der F-Linie im Sinne der Sonnenrotation erkannte, doch waren damals die spektroskopischen Hilfsmittel noch nicht entwickelt genug, um die Größe der Verschiebung zu messen. Später haben Prof. Young und Henry Crew numerische Werte auf diesem Wege erhalten, aber die genauesten Beobachtungen sind diejenigen von Prof. Dunér in Upsala aus den Jahren 1887 bis 1889. Er stellte bei diesen Beobachtungen den Spalt des Spektroskopes auf Punkte am Sonnenrande ein, welche 0°, 15°, 30°, 45°, 60° und 75° nördliche und südliche heliographische Breite besitzen, und bestimmte für diese Punkte die Geschwindigkeit der Rotation durch Messung der Verschiebungen zweier durch glühende Eisendämpfe auf der Sonne erzeugten Linien. Diese beiden Linien haben nach Rowland folgende Wellenlängen $\lambda = 6301.718$ und 6302.709; sie befinden sich in geringer Entfernung von zwei dunkeln Linien, die dem Absorptionsspektrum der Erdatmosphäre angehören und also durch die Rotation der Sonne in ihrer Lage nicht beeinflußt werden. Nach der von Prof. Dunér benutzten Methode, aber mit einem noch vollkommeneren Instrumente, hat Dr. J. Halm in Edinburg seit 1901 Untersuchungen über die Rotation der Sonne begonnen, die zu sehr überraschenden Ergebnissen führten, und über welche er unlängst in Kürze berichtete.[1]) „Obgleich," sagt er, „ein endgültiges Urteil über einige der erhaltenen Resultate erst möglich sein wird nach Ausdehnung der Beobachtungen über mindestens einen vollen Sonnenfleckzyklus, scheint es mir dennoch wichtig, jetzt schon die Aufmerksamkeit auf einige merkwürdige und bislang unbekannte Erscheinungen zu lenken, deren Realität nunmehr durch die Beobachtungen festgestellt zu sein scheint, und die nach meiner Ansicht verdienen, einer fortgesetzten allgemeinen Prüfung unterworfen zu werden. Dies bezieht sich in erster Linie

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4146—4147.

auf eine von mir entdeckte Veränderlichkeit der Wellenlängen der Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums. Aus den im Originale mitgeteilten Zahlenreihen ergibt sich, daß die Fraunhoferschen Linien des Sonnenrandes, nach Abzug der durch die Sonnenrotation und die Bewegung des Beobachters gemäß dem Dopplerschen Prinzip veranlaßten Verschiebungen, noch unzweifelhafte Spuren einer aus sicher bekannten Ursachen nicht erklärbaren Verschiebung aufweisen, die periodisch veränderlich ist und höchst wahrscheinlich in näherm Zusammenhange mit der Sonnentätigkeit steht. Eines der wichtigsten Resultate meiner Untersuchung, an dessen Möglichkeit merkwürdigerweise bei Aufstellung des Programmes gar nicht gedacht wurde, ist dieses, daß die bei den Messungen benutzten Absorptionslinien des Sonnenspektrums sich im Laufe der Untersuchung, d. h. also zwischen den Jahren 1901 und 1906, allmählich nach dem Rot verschoben haben, und in dieser Richtung gegenwärtig etwa 0.02 Angströmeinheiten[1]) von den Stellungen abweichen, die sie im Jahre 1901 eingenommen hatten. Als weiteres Ergebnis zeigte sich, daß die Linien des Sonnenrandes, verglichen mit denen des Sonnenzentrums, eine bestimmt nachweisbare Verschiebung nach Rot zeigten, daß diese Verschiebung jedoch für verschiedene Linien nicht die gleiche ist, sondern höchst wahrscheinlich bestimmt wird durch das Niveau, in welchem sich die die betreffenden Linien emittierenden Gase in der Sonnenatmosphäre befinden."

In seiner Beobachtungsmethode ist Dr. Halm durchaus Professor Dunér gefolgt und hat auch die nämlichen Spektrallinien wie dieser benutzt, indem er an jedem Rande dieselben mit benachbarten Linien des Luftspektrums verglich. Die Verwendung dieser tellurischen Linien als Vergleichslinien ist natürlich auf die Voraussetzung gegründet, daß die relativen Bewegungen der von dem Lichtstrahle durchsetzten Schichten der Erdatmosphäre gegen den Beobachter gering genug sind, um eine Vernachlässigung der dadurch veranlaßten Verschiebungen der tellurischen Linien zu rechtfertigen. Eine leichte Rechnung überzeugt, daß selbst unter den extremsten Annahmen hinsichtlich möglicher Luftbewegung gegen den Beobachter, die Verschiebung weniger als $^1/_{1000}$ einer A. E. beträgt, und gegen die nachgewiesenen Verschiebungen der Sonnenlinien, die mehrere Hundertstel dieser Einheit betragen, nicht in Betracht kommt.

Infolge der Anordnung des Instrumentes erscheinen im Beobachtungsfernrohre die Spektra zweier gegenüberliegender Sonnenränder von bekannter heliographischer Breite gleichzeitig nebeneinander. In jedem dieser Spektra wurden die Abstände der vier Linien (der beiden Sonnenlinien und der beiden tellurischen Linien) voneinander

[1]) Eine Angströmsche Einheit (A. E.) ist gleich einem zehnmilliontel Millimeter.

sorgfältig mit Hilfe des Mikrometers bestimmt. Die Messungen ergaben dann sogleich die Größe der Verschiebungen der Sonnenlinien und damit die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne unbeeinflußt von der Bewegung des Beobachters nach oder von der Sonne. Man kann aber auch durch geeignete Gruppierung der Messungsergebnisse diejenigen Verschiebungen ausschalten, welche durch die Sonnenrotation hervorgerufen werden, und erhält dann als Rest die Größe der Verschiebungen infolge der Bewegung des Beobachters gegen die Sonne. Diese letztere setzt sich zusammen aus der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde, sowie außerdem aus der Bewegung der Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt von Erde und Mond. Diese Korrektionen wurden bei Berechnung der Messungen berücksichtigt, und es ergaben sich dann nach Dr. Halm folgende Resultate:

Zeit der Beobachtung	Abstand der Sonnenlinien von den tellurischen Linien in A. E.	Zeit der Beobachtung	Abstand der Sonnenlinien von den tellurischen Linien in A. E.
1901.64	0.3840	1904.16	0.3712
68	0.3834	27	0.3698
83	0.3823	41	0.3728
1902.17	0.3870	50	0.3746
26	0.3813	71	0.3722
48	0.3824	75	0.3719
67	0.3783	1905.42	0.3717
80	0.3767	45	0.3705
1903.19	0.3732	48	0.3701
31	0.3742	54	0.3715
40	0.3710	78	0.3658
43	0.3705	1906.11	0.3655
63	0.3678	14	0.3651
72	0.3713	29	0.3628
79	0.3726	42	0.3637
84	0.3732	44	0.3621
		55	0.3648

‚Ein Blick auf diese Tabelle", sagt Dr. Halm, „zeigt, daß der Abstand zwischen den solaren und tellurischen Linien während des ganzen Zeitraumes stets abgenommen hat. Der Charakter dieser Veränderungen wird indessen viel deutlicher, wenn sie in Form einer Kurve dargestellt werden. Aus dieser Kurve geht hervor, daß die Verkleinerung des Abstandes nicht gleichförmig stattgefunden hat. Es scheint, als ob einer längern Periode, deren Abschluß noch längst nicht erreicht ist, eine kürzere, etwa dreijährige Periode superponiert ist.

Daß es sich hierbei nicht um Verschiebungen der tellurischen Linien handeln kann, wird ohne weiteres zugegeben werden müssen. Die Größe der Verschiebung schließt jeden Gedanken an eine solche Erklärung aus.

Von Interesse ist die Frage, ob beide solaren Linien sich um denselben Betrag gegen die tellurischen Linien verschoben haben. Die Beobachtungen geben auf diese Frage eine bejahende Antwort. Der Abstand betrug im Jahre 1901 0.9922 A. E., im Jahre 1906 0.9915 A. E. Der Unterschied zwischen beiden Werten ist jedenfalls zu gering, um für reell erklärt zu werden."

„Geben wir," fährt Dr. Halm fort, „die Realität der nachgewiesenen Verschiebung zu, so sind wir zugleich genötigt, ihren Ursprung in Vorgängen auf der Sonne zu suchen. Dabei dürfen wir nicht aus dem Auge verlieren, daß die Untersuchung sich bis jetzt nur auf Punkte des Sonnenrandes bezogen hat. Wir dürfen noch nicht den Schluß ziehen, daß das Phänomen sich in derselben Weise gezeigt haben würde, wenn statt der beiden Sonnenränder die Sonnenmitte beobachtet worden wäre. Es schien mir sogar von vornherein nicht nur wahrscheinlich, sondern notwendig, daß, falls es sich hier um ein wirkliches Sonnenphänomen handelt, dessen Äußerung am Rande und in der Mitte der Sonnenscheibe wesentlich verschieden sein müsse. Diese Überlegung bestimmte mich, die am Rande gemessenen Abstände zwischen den solaren und tellurischen Linien direkt mit den in der Mitte der Sonnenscheibe gemessenen zu vergleichen, um zu erfahren, ob ein Unterschied zwischen beiden bemerkbar sei. Ich führte demgemäß zwischen Mai und August dieses Jahres eine längere Beobachtungsreihe aus, indem ich zunächst, wie vorher beschrieben, die Abstände für zwei gegenüberliegende Punkte des Sonnenrandes bestimmte und durch Mittelbildung den Einfluß der Rotation eliminierte, zugleich aber auch jedesmal das Spektroskop genau auf die Mitte der Sonnenscheibe richtete und den Abstand zwischen den solaren und tellurischen Linien für diesen Punkt bestimmte. Als Resultat ergab sich, daß der Abstand für den Sonnenrand jedesmal erheblich kleiner gefunden wurde als für die Sonnenmitte. Mit andern Worten: Verglichen mit der Sonnenmitte, erschienen die beiden solaren Linien am Rande merklich gegen Rot hin verschoben."

Als mittlerer Wert für die Größe der Verschiebung ergab sich +0.012 A. E. Der Betrag der Verschiebung hängt nicht merklich von der heliographischen Breite ab und ist für die Pole wesentlich derselbe wie für den Äquator. Ferner hat Dr. Halm sich des öftern überzeugt, daß die Weite des Spaltes keinen Einfluß auf die Erscheinung hat, sowie daß es gleichgültig ist, ob man mit radial oder tangential gerichtetem Spalte beobachtet. Angesichts des interessanten Resultats schien es ihm von Wichtigkeit, zu untersuchen, ob andere Linien des Sonnenspektrums dasselbe Verhalten zeigen. Für drei solare Linien innerhalb der α-Gruppe fand er Unterschiede von annähernd denselben Beträgen. Aus den wenigen Beobachtungen, die er wegen anhaltend schlechten Wetters bis jetzt hat anstellen können, läßt sich nicht mit Sicherheit schließen, ob die geringen

Schwankungen in den gemessenen Beträgen reell sind. Er bemerkt noch, daß alle diese Linien, ebenso wie die beiden Eisenlinien seiner Untersuchung, in Sonnenflecken stark verbreitert erscheinen und daher wahrscheinlich einem niedrigen Niveau der Sonnenatmosphäre angehören.

In einem auffallenden Gegensatze zu diesen Resultaten steht das Verhalten der Linie $\lambda = 6516.31$, die nach den Untersuchungen von Prof. Fowler in einem relativ hohen Niveau der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung hat, was sowohl aus ihrem abweichenden Verhalten in den Sonnenflecken, als auch aus ihrer häufigen Anwesenheit in der Chromosphäre gefolgert wird. Nach den Messungen von Dr. Halm ist hier die Verschiebung nach Rot am Rande viel geringer als bei den vorigen Linien.

Sie beträgt im Mittel nur +0.002 A. E. Weitere Messungen, die Dr. Halm ausführte, ergaben, daß die Verschiebung der beiden Eisenlinien durchaus nicht auf die unmittelbare Umgebung des Sonnenrandes beschränkt ist, sondern bereits in Punkten, die $^1/_4$ Sonnenradius vom Rande abstehen, recht merklich erscheint.

Über die mögliche Ursache dieser von der Mitte gegen den Sonnenrand hin zunehmenden Verschiebung der Linien nach Rot, bemerkt Dr. Halm, es liege auf den ersten Blick nahe, die Verschiebung durch Bewegungen der Gase der Sonnenatmosphäre erklären zu wollen. „Die Annahme, daß die Sonnenmaterie in fortwährender radial gerichteter Strömung von und nach dem Sonnenzentrum begriffen sei," sagt er, „wird wohl noch immer von vielen Astronomen für wahrscheinlich gehalten. Auf dieser Annahme fußend, könnte man nun versucht sein, die erwähnte Verschiebung dadurch zu erklären, daß die absorbierenden Gase in den auswärts gerichteten, d. h. vom Sonneninnern aufsteigenden Strömungen enthalten seien. In diesem Falle würde die Absorptionslinie in der Mitte der Sonnenscheibe nach dem Violett zu verschoben sein, am Rande dagegen sich in normaler Lage befinden. Es würde somit, den Beobachtungen entsprechend, eine scheinbare Verschiebung der Randlinien nach Rot hin wahrnehmbar sein.

Bei näherer Betrachtung scheint die Hypothese jedoch ganz unhaltbar. Zunächst ist die notwendig erforderliche Annahme, daß das emittierende Gas im aufsteigenden Strome kühler sei als im absteigenden — denn nur so würde sich eine Verschiebung der Absorptionslinien nach der gewünschten Seite erklären lassen — physikalisch schwer zu verteidigen. Aber selbst wenn wir uns über diese Schwierigkeit wegsetzen, bleibt die Hypothese zur Erklärung aller beobachteten Erscheinungen doch noch unzureichend. Denn wollte man annehmen, daß die Veränderlichkeit von zeitlichen Schwankungen in der Geschwindigkeit der radialen Strömungen herrühre, so könnten doch davon die Linien am Sonnenrande nicht betroffen werden, da dort der Einfluß derartiger Strömungen auf

die Lage der Spektrallinien gänzlich verschwindet. Die Annahme tangentialer, d. h. längs der Sonnenoberfläche verlaufender Strömungen muß von vornherein verworfen werden, da vorauszusetzen wäre, daß in jedem Augenblicke und für jeden Punkt der Sonnenscheibe die Bewegung längs der Sonnenoberfläche nach dem Rande zu gerichtet sein müßte. Aus dieser Überlegung ergibt sich also, daß weder radiale, noch tangentiale Bewegungen der Sonnenatmosphäre zur Erklärung der beobachteten Linienverschiebungen ausreichen, und demnach wohl allgemein von einem Versuch, letztere aus dem Dopplerschen Prinzip zu erklären, Abstand genommen werden muß." „Damit," fährt Dr. Halm fort, „sind wir auf den einzigen noch möglichen Erklärungsversuch beschränkt, den unsere jetzige Kenntnis des Verhaltens der Spektrallinien zuläßt, nämlich die beobachteten Linienverschiebungen dem Drucke zuzuschreiben, unter welchem die emittierenden Gase der Sonnenatmosphäre sich befinden. Der Nachweis eines Einflusses des Druckes auf die Wellenlängen der Fraunhoferschen Linien ist schon vor längerer Zeit Herrn Jewell gelungen, der aus den Rowlandschen Aufnahmen zeigte, daß die Wellenlängen des Sonnenspektrums durchschnittlich um etwa $^2/_{100}$ A. E. nach dem Rot zu von den normalen Wellenlängen abwichen. Es scheint jedoch bis jetzt nicht aufgefallen zu sein, daß der Betrag dieser Verschiebung am Rande größer sein muß als in der Mitte. Der Unterschied zwischen Rand und Mitte rührt daher, daß am Rande die tiefer gelegenen und daher unter höherem Druck stehenden Schichten einen verhältnismäßig größern Beitrag zur Erscheinung der Absorptionslinie liefern, und daher der Schwerpunkt der letztern mehr nach dem Rot verschoben sein muß, als in der Mitte der Sonnenscheibe."

Dr. Halm zeigt dies durch eine geometrische Betrachtung, und diese Überlegung gibt auch darüber Aufschluß, warum die Linien, die einem niedrigen Niveau angehören, eine stärkere Verschiebung zeigen müssen, als die in einem höhern Niveau ihren Ursprung nehmenden Linien, eine Tatsache, die aus den angeführten Beobachtungen so deutlich hervorgeht. „Ferner," sagt er, „sieht man ein, daß etwaige zeitliche Änderungen des Druckes der Sonnenatmosphäre sich besonders in den Linienverschiebungen des Randes anzeigen müssen, so daß also die merkwürdigen Veränderungen der Lage der Sonnenlinien, qualitativ wenigstens physikalisch deutbar werden. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, würden demnach die Beobachtungen dahin auszulegen sein, daß von 1901 bis 1906, d. h. von einem Sonnenfleckminimum zu einem Maximum, der Druck innerhalb der Sonnenatmosphäre stetig größer geworden sei. Dieses Resultat mag auf den ersten Blick befremdlich erscheinen. Bei näherer Betrachtung muß man aber doch wohl zugeben, daß derartige Änderungen in der Sonne zum mindesten möglich sind. Erwägt man, daß die Sonne ein wesentlich gasförmiger Körper ist,

und daß nach Ansicht der Majorität der Astrophysiker die sogenannte Photosphäre diejenige Schicht darstellt, innerhalb welcher sich einige der Gase zu Flüssigkeiten kondensieren, so kann man sich sehr wohl die Frage vorlegen, ob das Niveau, in welchem diese Kondensation stattfindet, zu allen Zeiten unverändert dasselbe ist, oder ob nicht etwa infolge von periodischen Schwankungen in den Temperaturverhältnissen des Sonnenkörpers, dieses Niveau der Photosphäre kleinen Veränderungen unterworfen ist. In letzterem Falle würde die Masse der über dieser Photosphäre lagernden absorbierenden Atmosphäre und damit der Druck auf die ersterer benachbarten Schichten ebenfalls veränderlich sein. Gegen diesen Erklärungsversuch scheint freilich die Tatsache zu sprechen, daß die sorgfältigen heliometrischen Messungen von Schur und Ambronn keine sicher nachweisbare Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers ergeben haben. Man darf aber anderseits nicht vergessen, daß diese Messungen nicht innerhalb 0.1″ verbürgt sind, so daß wir also noch nicht imstande sind, Niveauschwankungen von etwa 70 bis 80 *km* heliometrisch nachzuweisen. Auf der Sonne mögen aber sehr wohl bereits derartigen Schwankungen merkliche Druckunterschiede entsprechen.

Ich bin natürlich weit davon entfernt, jetzt schon die hier vorgetragene Druckhypothese als begründet zu erachten. Dazu bedarf es weit eingehenderer Untersuchungen, als ich bis jetzt habe unternehmen können. So viel dürfte aber aus den mitgeteilten Resultaten und den daran angeschlossenen Vermutungen hervorgehen, daß es sich hier um wichtige Fragen handelt, die eventuell für die Sonnenphysik von großer Bedeutung werden können. Denn falls durch fortgesetzte Untersuchungen der Beweis erbracht wird, daß es sich hier wirklich um Druckänderungen innerhalb der die Photosphäre umgebenden absorbierenden Schichten handelt, so ist damit zugleich dargetan, daß die Dichtigkeit dieser Hülle und somit ihr Absorptionsvermögen Schwankungen unterworfen ist. Es ist also damit die Aussicht eröffnet, auf eine der bedeutendsten Fragen der Sonnenphysik, deren Lösung die Aktinometrie bis jetzt nur mit geringem Erfolge angestrebt hat, eine entscheidende Antwort zu geben, nämlich auf die Frage, ob die Intensität der uns von der Sonne zugesandten strahlenden Energie konstant oder periodisch veränderlich ist.“

Die Sonnenfinsternis am 30. August 1905 wurde auch durch eine Expedition der Göttinger Sternwarte beobachtet. Dieselbe stationierte in Gelma (Algerien) und stand unter Leitung von Prof. Schwarzschild. Letzterer hat jetzt über die Ergebnisse berichtet.[1])

[1]) Astron. Mitt. d. K. Sternwarte zu Göttingen, 13. Teil. Göttingen 1906.

Was die photographische Helligkeit der Korona anbelangt, so fand sich, wenn die Helligkeit des Vollmondes zur Einheit genommen wird, die Helligkeit der eigentlichen Korona photographisch zu 0.17, des diffusen Lichtes eines Kreises von 5° Durchmesser um die verfinsterte Sonne zu 0.13 zusammen 0.3.

Aus der Stärke der diffusen Beleuchtung des Himmels schließt Prof. Schwarzschild, daß dieselbe hauptsächlich von der Erleuchtung der Luft durch direkte Sonnenstrahlung an den Grenzen des Totalitätskreises und nur zu einem ganz geringen Bruchteile von Diffusion des Koronalichtes herrührt. Denn das diffuse Himmelslicht aus einem Kreise von 5° Durchmesser um die Sonne mache unter gewöhnlichen Umständen bei durchsichtiger Luft weniger als $^1/_{10}$ der direkten Sonnenstrahlung aus. Da die Annahme einer besondern Trübung der Atmosphäre während der Finsternis durch den Augenschein widerlegt werde, so dürfe man also auch nur weniger als ein Zehntel der obigen Zahlen für das diffuse Himmelslicht, auf Rechnung der Korona setzen.

Bezüglich der Spektralphotometrie der Korona bemerkt Prof. Schwarzschild: „Im Wellenlängengebiete λ 350 bis 500 stimmt die Intensitätsverteilung im Koronaspektrum mit der im Sonnenspektrum nahe überein. Betrachtet man die Unterschiede näher, und sieht man ab von der ersten wegen geringer Schwärzung dieser Wellenlängen unsichern Zahl, so erscheint die Korona im Ultraviolett schwächer als die Sonne, das Intensitätsmaximum in der Korona gegen das der Sonne nach längern Wellenlängen zu verlegt. Das erstere allgemeinere Resultat ist offenbar und stimmt mit der Angabe der Herren Knopf und Fabry, daß bei ihren photometrischen Vergleichungen die Korona sehr genau die Farbe des Mondes d. i. der Sonne gehabt habe. Die Realität des zweiten feinern Ergebnisses möchte ich als in sich noch nicht fest begründet ansehen."

Zur Theorie der Sonnenkorona äußert sich Prof. Schwarzschild u. a. wie folgt: „Unter den theoretischen Anschauungen, mit denen man diese Resultate vergleichen kann, steht als das eine Extrem die Annahme, daß man es in der innern Korona wesentlich mit selbstleuchtenden Teilchen zu tun hat, die sich im Strahlungsgleichgewichte befinden. Nach den Rechnungen von Arrhenius[1]) erhält man für ein Teilchen 0.7′ über der Photosphäre eine Temperatur von 4620°.

Das andere Extrem bildet die Annahme, daß die Korona nur im reflektierten Lichte leuchtet und aus sehr kleinen Teilchen besteht, welche nach Rayleigh eine mit dem Blau unseres Himmels sehr nahe übereinstimmende Farbe geben. Mit dieser Annahme sind unsere Zahlen nicht verträglich. Sie widerspricht dem Augenscheine und den erwähnten Beobachtungen der Herren Fabry und Knopf. Sie wird

[1]) Astrophys. Journal **20**. p. 224.

ferner widerlegt durch die Aufnahmen mit Gelbscheibe, wie sie Dr. Emden ausgeführt hat. Dieselben zeigen, daß die Gelbscheibe das diffuse Himmelslicht viel stärker herabsetzt, als die Koronastrahlung, daß die Korona viel gelber ist, als das Himmelslicht. Natürlich — könnte man hier einwerfen — denn das von der Luft diffundierte Licht ist immer blauer als das Licht der Lichtquelle; ist die Korona blau, so muß der Himmel während der Totalität eben noch tiefer blau gefärbt sein. Nach den Messungen stammt aber die allgemeine Erleuchtung des Himmels während der Finsternis nur zum geringsten Teile von der Korona selbst, sie kommt im wesentlichen von der direkten Erleuchtung der Erdatmosphäre außerhalb des Totalitätskreises und muß daher das gewöhnliche Himmelsblau zeigen, so daß unser Schluß nicht beeinträchtigt wird. Es stimmt daher alles dahin zusammen, daß die Korona nicht das Rayleighsche Blau zeigt."

Prof. Schwarzschild kommt nach Prüfung verschiedener Annahmen zu der Hypothese von stark polarisierenden Molekülen oder Ionen, welche ultrarote Eigenschwingungen haben, oder welche auch in irgend einer andern kompliziertern Weise so gebaut sind, daß sie alle Farben ziemlich gleich stark diffundieren. Daß es solche Molekülen gibt, beweisen die ultramikroskopischen Teilchen in kolloidalen Lösungen, deren Größe weit unter den Wellenlängen liegt, die polarisieren, wie Rayleighs Teilchen, die aber trotzdem ein kontinuierliches Spektrum geben, in welchem häufig Rot und Gelb überwiegt. Das Fehlen der Fraunhoferschen Linien sei auf große Geschwindigkeiten der Teilchen der Korona und entsprechende Dopplersche Verschiebungen zurückzuführen. Unter den bewegenden Kräften komme auch bei Molekülen der Lichtdruck in Frage, wofern sie nur Eigenschwingungen haben.

Der letzte Rest der feinen Sonnensichel, welche hinter dem Monde hervorsieht, löst sich in eine Reihe von kleinen Punkten oder Tropfen auf, die dann rasch nacheinander verschwinden. Die Ursache dieser Erscheinung ist natürlich die Unebenheit der Mondoberfläche. Die Berge unterbrechen zuerst die Sonnensichel, während durch die Täler der Rand der Photosphäre noch länger hindurchblickt. In dem von einer Prismenkamera entworfenen Bilde wird analog jeder Mondberg durch eine streifenförmige Unterbrechung des Spektrums, jedes Tal durch einen Streifen stärkern kontinuierlichen Photosphärenlichtes bezeichnet.

Die Helligkeit der Streifen im Spektrum wird also einerseits abhängen von der Form des Mondprofiles, sie wird aber auch abhängen von der Helligkeit der hinter dem Monde hervorsehenden Randpartie der Sonnenphotosphäre. Eine photometrische Bearbeitung solcher Aufnahmen wird daher sowohl eine Bestimmung des Mondprofiles, als eine solche der Helligkeit des Sonnenrandes — und zwar letztere für jede einzelne Spektralfarbe — liefern können.

Prof. Schwarzschild beschäftigt sich eingehend mit dieser Untersuchung und gibt eine Zeichnung des Mondprofiles gemäß derselben, geht dann über zur Spektralphotometrie des Sonnenrandes und zur Helligkeitsermittlung der Protuberanzen, endlich wird noch das Spektrum der Chromosphäre besprochen und nachgewiesen, daß das Atomgewicht als solches nicht für das Auftreten eines Elementes in der höhern Chromosphäre maßgebend ist. Ebenso, daß irgend ein anderer innerer Zusammenhang zwischen den vorkommenden Elementen besteht, und nicht etwa ein rein zufälliger größerer Reichtum der Sonne an einem bestimmten Elemente seine Erstreckung und sein Leuchten bis in größere Höhen verursacht.

Das Zodiakallicht.

Das Zodiakallicht. Prof. v. Seeliger hat auf der Astronomenversammlung zu Jena Mitteilungen über eine von ihm angestellte Untersuchung über die mögliche Beziehung des Zodiakallichtes zu der Bewegung der innern Planeten gemacht. Vor vielen Jahren hat Leverrier die Entdeckung gemacht, daß die Bewegung des Planeten Merkur nicht in aller Strenge durch das Newtonsche Gravitationsgesetz dargestellt ist, indem die wahre Bewegung des Perihels der Merkurbahn, gemäß den Beobachtungen, den aus der Theorie berechneten Wert um 40″ im Jahrhundert übersteigt. Leverrier zeigte dann, daß Theorie und Wirklichkeit in Übereinstimmung gebracht werden können unter der Annahme eines innerhalb der Merkurbahn vorhandenen größern Planeten oder auch einer Gruppe sehr kleiner Planeten. Die Annahme eines einigermaßen größern Planeten ist nun aber unstatthaft, denn dieser hätte sich den zahlreichen darauf gerichteten Nachforschungen, besonders bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse, nicht entziehen können, sonach blieb nur die Möglichkeit einer sehr großen Zahl sehr kleiner Planeten, die sich innerhalb der Merkurbahn bewegen. Anderseits hat es freilich auch nicht an Stimmen gefehlt, welche darauf hinwiesen, daß das Newtonsche Gravitationsgesetz, wonach die Anziehung sich im Verhältnis des Quadrates der Entfernung ändert, vielleicht nicht der völlig scharfe Ausdruck der Wirklichkeit, sondern nur die Änderung der Intensität der Anziehung sich um ein Minimum von dem quadratischen Verhältnis entferne. Eine solche Hypothese ist aber an und für sich so unphilosophisch, daß sie ernstlich nicht weiter verfolgt werden sollte, und sonach bleibt nichts anderes übrig als die Annahme sehr kleiner, störender Körper, wenn man nicht voraussetzen will, daß in den Rechnungen Leverriers ein Irrtum mit untergelaufen sei. Die Nachrechnungen verschiedener anderer Astronomen haben aber die Richtigkeit der Leverrierschen Rechnung erwiesen, besonders aber hat Prof. Newcomb den Gegenstand er-

schöpfend untersucht und in seinem 1895 erschienenen Werke über die Bahnelemente der vier innern Planeten, die säkularen Veränderungen derselben gemäß den sämtlichen vorhandenen Beobachtungen neu berechnet und mit den aus der Gravitationstheorie folgenden Werten derselben verglichen. Es fand sich, daß die Bewegung des Merkurperihels in der Tat eine durch die Theorie nicht zu begründende Korrektion erfordert, wenn Theorie und Beobachtung miteinander übereinstimmen sollen. Ferner ergab sich aber auch, daß die Bewegungen der Knoten der Venusbahn und des Marsperihels sehr wahrscheinlich auch um allerdings geringe Beträge von der theoretisch geforderten Bewegung abweichen. Diese Anomalien erfordern gebieterisch eine Erklärung, aber die oben angegebene Andeutung ist unzulässig. Inzwischen hat sich Professor v. Seeliger mit dem wichtigen Problem beschäftigt und auf der jüngsten Astronomenversammlung zu Jena die Ergebnisse seiner Untersuchungen mitgeteilt. Er bemerkte in seinem Vortrage u. a. folgendes:

„Es ist wohl gänzlich ausgeschlossen, daß man durch irgendwelche physikalischen Betrachtungen zu einer Abänderung des Newtonschen Gesetzes von dieser Form gelangen wird. Auch glaube ich, logische Bedenken gegen die universelle und genaue Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes vorgebracht zu haben, die sich nicht widerlegen lassen, und die durch eine Korrektur von der angegebenen Form — und diese ist für die Erklärung der Bewegung des Merkurperihels wesentlich — nicht behoben werden. Im übrigen hat schon Newton solche Anziehungsgesetze behandelt und die daraus hervorgehenden Perihelbewegungen konstatiert. Da alle andern Bahnelemente unverändert bleiben, so würde also ein solches Kraftgesetz die andern von Newcomb gefundenen empirischen Glieder nicht einmal formell erklären. Hält man aber diese für reell, so muß man sich demnach, auch abgesehen von anderm, nach andern Ursachen umsehen.

Nun weiß man, daß tatsächlich der innere Raum des Planetensystems bis mindestens zur Erdbahn von Massen erfüllt ist, welche die Erscheinungen des Zodiakallichtes hervorrufen. Ebenso ist nicht daran zu zweifeln, daß diese Massen eine anziehende Wirkung auf die innern Planeten ausüben müssen, und es können nicht über ihr Vorhandensein, sondern nur über die Größe und Art dieser störenden Wirkung verschiedene Meinungen herrschen. Es liegt deshalb nahe, die besprochene Einwirkung näher zu untersuchen. Kommt man auf diesem Wege zu einer zahlenmäßigen Darstellung der Newcombschen Anomalien, ohne unzulässige Dichtigkeitsverhältnisse zu Hilfe nehmen zu müssen, so wird für ihre Erklärung eine viel festere Basis gewonnen sein, als die Annahme von Planetenringen und dergleichen haben kann. Denn man geht hier von tatsächlich vorhandenen Verhältnissen aus und nicht von Hypothesen, deren Berechtigung zum mindesten nicht beurteilt werden kann. In der Tat gelingt,

wie im folgenden gezeigt werden wird, die Erklärung der empirischen Glieder in diesem Sinne vollständig.

Vor 13 Jahren habe ich Rechnungen ausgeführt, welche meine Ansicht, daß der Einfluß der Massen des Zodiakallichtes bei der Bewegung der innern Planeten berücksichtigt werden muß, bestätigten. Damals lagen aber die Newcombschen Zahlen noch nicht vor, und eine überzeugende Prüfung der gefundenen Resultate war nicht möglich. Durch Arbeiten in andern Gebieten abgehalten, kam ich erst neulich, bei Gelegenheit der Ausarbeitung meines Aufsatzes über „die sogenannte absolute Bewegung", auf den Gegenstand zurück.

Über die Dichtigkeitsverteilung der Massen im Zodiakallichte lassen sich zurzeit zahlenmäßig bestimmte Angaben nicht machen. Nur das scheint einigermaßen festzustehen, daß die die Sonne umhüllende Staubwolke die Erdbahn noch umschließt und in einem Raume, der die Gestalt einer plattgedrückten Kreisscheibe hat, eine wahrnehmbare Dichtigkeit besitzt. Im übrigen muß diese mit zunehmender Entfernung von der Sonne stark abnehmen. Früher nahm man an, daß die Achse des Zodiakallichtes und somit die Ebene der Kreisscheibe mit der Ekliptik zusammenfällt Das ist durch neuere Beobachtungen zweifelhaft geworden, indem Marchand und Wolf aus ihren Wahrnehmungen den Schluß zogen, daß die Rotationsachse der Scheibe eher mit der Rotationsachse der Sonne zusammenfällt. Die Dichtigkeitsverteilung der das Zodiakallicht erzeugenden Massen läßt sich aus der Helligkeitsverteilung in diesem Gebilde nur mit einiger Reserve ableiten. Für Gegenden ganz in der Nähe der Sonne versagen aber die Beobachtungen fast vollständig, und gerade die hier herrschende Dichtigkeitsverteilung ist wesentlich für die Abschätzung der Einwirkung auf die Bewegung der Planeten. Wie die Flächen gleicher Dichtigkeit verlaufen, wird sich selbst aus viel genauern Beobachtungen, als bis jetzt vorliegen, schon deshalb nicht mit Sicherheit ableiten lassen, weil die Helligkeitsverteilung im Zodiakallichte nicht nur von der Massenverteilung, sondern auch von der Größe der einzelnen Massenteilchen abhängt, und diese letztere sehr wohl Funktion des Ortes sein kann. Für die nahe bei der Sonne gelegenen Teile wird also wohl kaum mehr mit Sicherheit auszusagen möglich sein, als daß die Flächen gleicher Dichtigkeit voraussichtlich ziemlich plattgedrückten Kreisscheiben gleichen, deren Ebenen nicht stark gegen den Sonnenäquator geneigt sind. Keineswegs brauchen sie aber alle etwa gleiche Neigung zu haben. Für die von der Sonne entferntern Teile des Zodiakallichtes ließen sich vielleicht etwas weniger unsichere Angaben machen. Diese sind aber für das Folgende so gut wie völlig belanglos. Was die Bewegungen der einzelnen Teilchen der Staubwolke betrifft, so lassen sich nähere Angaben nicht machen, da die Sache bisher nicht untersucht worden ist. Bei dieser Sachlage wird man sich damit begnügen

müssen, solche Annahmen über die Dichtigkeitsverteilung zu machen, die den erwähnten Ansichten nicht zuwiderlaufen und sich rechnerisch verhältnismäßig leicht verfolgen lassen. Eine solche allgemeine Annahme besteht darin, daß man die Massen des Zodiakallichtes darstellt durch eine Anzahl übereinander gelagerter homogener Rotationsellipsoide, mit gemeinschaftlichem Mittelpunkte im Sonnenzentrum."

Prof. v. Seeliger zeigt nun, wie sich unter plausibeln Annahmen die Einwirkung dieser Ellipsoide auf die Bewegung der Planeten berechnen läßt, und die Gesamtmasse des Zodiakallichtes sich zu etwa der Hälfte der Merkurmasse bestimmt. Seine Berechnung der hierdurch entstehenden Überschüsse der Bewegung in der Perihellänge, Bahnneigung und Länge der Knoten für die Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars stimmt geradezu vollkommen mit den lediglich aus den Beobachtungen hierfür abgeleiteten Werten überein, so daß an einen Zufall nicht zu denken ist. Mit Recht schließt Prof. v. Seeliger, aus seinen Untersuchungen gehe hervor, „daß die Materie des Zodiakallichtes sehr wohl als die Ursache der Bewegungsanomalien der vier innern Planeten angesehen werden kann, denn die zahlenmäßigen Folgen hieraus scheinen nach keiner Richtung auf unzulässige oder auch nur auffallende Verhältnisse hinzudeuten."

Planeten und Trabanten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1906. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[1]) sind folgende kleinere Planeten seit dem letzten Berichte neu entdeckt eingereiht worden:

Bezeichnung		Entdeckung				
570	QX	1905 Juli	30	von	M. Wolf	
571	QZ	Sept.	4	„	P. Götz	
572	RB	„	19	„	„	
573	RC	„	19	„	M. Wolf	
574	RD	„	19	„	„	
575	RE	„	19	„	„	Heidelberg
576	RF	„	20	„	P. Götz	
577	RH	Okt.	20	„	M. Wolf	
578	RZ	Nov.	1	„	„	
579	SD	„	3	„	A. Kopff	
580	SE	Dez.	17	„	M. Wolf	
581	Tauntonia	„	24	„	J. H. Metcalf	Taunton, Mass.
582	SO	1906 Jan.	23	„	A. Kopff	Heidelberg
583	SP	1905 Dez.	31	„	J. Palisa	Wien
584	SY	1906 Jan.	15	„	A. Kopff	
585	TA	Febr.	16	„	„	
586	TC	„	21	„	M. Wolf	Heidelberg
587	TF	„	22	„	„	
588	TG	„	22	„	„	

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1907. p. 86.

Bezeichnung		Entdeckung			
589	TM	März 3	„	A. Kopff	Heidelberg
590	TO	„ 4	„	M. Wolf	
591	TP	„ 14	„	A. Kopff	
592	TS	„ 18	„	M. Wolf	
593	TT	„ 20	„	A. Kopff	
594	TW	„ 27	„	M. Wolf	
595	TZ	„ 27	„	A. Kopff	
596	UA	Febr. 21	„	„	
597	UB	April 16	„	M. Wolf	
598	UC	„ 13	„	„	
599	UJ	„ 25	„	J. H. Metcalf	Taunton, Mass.
600	UM	Juni 14	„	„	„ „
601	UN	„ 21	„	M. Wolf	Heidelberg

Die Hauptelemente der für diese Planeten berechneten Bahnen sind:

	Ω		i		φ		a	Berechner
(570)	229°	40.0′	1°	41.2′	6°	28.1′	3.43	Berberich
(571)	3	19.9	5	7.2	13	48.9	2.37	„
(572)	194	47.6	9	23.5	10	0.5	2.31	„
(573)	343	50.4	9	52.1	6	22.1	3.01	„
(574)	338	16.0	6	10.8	11	46.4	2.25	„
(575)	349	34.9	14	54.2	6	58.4	2.56	„
(576)	300	8.3	10	12.0	10	59.5	3.03	„
(577)	331	12.0	5	16.4	8	17.3	3.12	P. V. Neugebauer
(578)	30	31.4	6	11.7	11	9.1	2.76	Kreutz
(579)	83	17.7	11	2.1	4	36.0	3.02	P. V. Neugebauer
(580)	99	37.2	3	40.6	7	38.9	3.20	„
(581)	103	4.8	21	55.7	2	30.9	3.21	Morgan
(582)	155	35.7	29	57.3	13	4.0	2.62	Berberich
(583)	261	23.4	8	17.3	8	31.2	3.17	Osten
(584)	282	40.9	10	50.2	14	24.6	2.89	P. V. Neugebauer
(585)	180	10.7	7	30.9	7	29.3	2.43	„
(586)	230	57.1	1	35.6	4	27.1	3.02	„
(587)	324	10.3	25	1.5	9	29.7	2.33	Berberich
(588)	315	34.1	10	20.9	9	38.7	5.25	„
(589)	178	40.7	10	47.3	2	54.9	3.13	P. V. Neugebauer
(590)	106	43.9	11	9.7	3	53.7	3.00	Berberich
(591)	334	48.1	12	33.8	12	1.7	2.68	„
(592)	169	12.1	10	6.6	7	1.2	3.02	P. V. Neugebauer
(593)	76	14.8	17	0.3	12	17.2	2.70	Berberich
(594)	155	20.5	32	45.8	20	27.2	2.63	„
(595)	24	58.1	18	29.4	4	35.6	3.21	P. V. Neugebauer
(596)	71	4.6	14	38.2	9	26.2	2.93	Berberich
(597)	36	13.4	10	17.2	10	28.7	2.69	„
(598)	92	26.1	12	10.2	14	5.8	2.77	„
(599)	45	32.2	16	23.2	17	28.4	2.78	Hammond und
(600)	139	34.9	10	11.3	3	8.2	2.66	Frederickson
(601)	170	32.5	16	2.6	6	1.3	3.12	Palisa

Unter diesen Elementen fallen zunächst diejenigen des Planeten (594) durch den hohen Wert der Neigung und daneben die große Exzentrizität auf; beide werden nur durch die entsprechenden Werte von je zwei der ältern Planeten übertroffen. Dennoch erreicht der Planet (594) keine sehr hohen Deklinationen, weil der Ω zu nahe

an 180° liegt; auch dem Jupiter kommt er wegen seiner großen Neigung nicht besonders nahe, dagegen kann er sich der Erde bis auf 1.00 Abstand nähern.

Ein hervorragendes Interesse nimmt die Bahn des Planeten (588) in Anspruch wegen ihrer großen Halbachse. Ein Vergleich mit der Bahn des Jupiter zeigt, daß die mittlere Entfernung beider Planeten von der Sonne nahezu die gleiche, bei (588) nur um 0.045 astronomische Einheiten größer als beim Jupiter ist; der Unterschied der Umlaufszeiten beider Planeten beträgt daher nach den gegenwärtigen Bahnverhältnissen auch nur 58 Tage. Die Bahn des Planeten (588) hat eine größere Exzentrizität als die Jupiterbahn und liegt daher zum Teil außerhalb, zum Teil innerhalb dieser. Dem größten und kleinsten Sonnenabstande des Jupiter von 5.454 und 4.952 entsprechen beim Planeten (588) die Werte 6.127 und 4.369. Die gegenseitige Neigung beider Bahnen beträgt 9° 19.7′ und der Winkel zwischen den beiden Apsidenlinien 73° 40.7′. Hieraus ergeben sich für die Abstände beider Planetenbahnen voneinander folgende Werte:

wenn Planet	(588)	im	Perihel steht	1.07
„ „	(588)	„	Aphel „	1.15
„ Jupiter		„	Perihel „	0.63
„ „		„	Aphel „	0.70
und als kleinster Abstand etwa				0.35.

Über die übrigen Planeten ist noch folgendes zu bemerken:
Der Erde verhältnismäßig nahe kommen können die Planeten

(571)	mit $\Delta = 0.81$	zur	Oppositionszeit	Okt.	20
(572)	„ 0.92	„	„	Okt.	27
(574)	„ 0.81	„	„	Nov.	8
(584)	„ 0.83	„	„	Sept.	29
(587)	„ 0.96	„	„	Febr.	19
(594)	„ 1.00	„	„	Mai	22
(599)	„ 1.01	„	„	Aug.	28.

Eine größere Annäherung an Jupiter können erreichen die Planeten

(570)	mit $\Delta_0 = 1.33$	$J = 1.3°$	
(576)	„ 1.84	9.0	
(577)	„ 1.78	4.6	
(580)	„ 1.77	5.0	
(583)	„ 1.49	7.1,	

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann, und J die Neigung der Bahnebene des Planeten gegen diejenige des Jupiter.

Hohe Deklinationen in der Opposition können erreichen die Planeten

(575)	mit $\delta = +46.5°$	zur	Oppositionszeit	Dez.	18
	-48.7			Juni	17
(587)	„ $+63.2$	„	„	Dez.	3
	-62.0			Juni	1

(593)	mit δ =	+ 41.5°	zur Oppositionszeit	Jan.	21
		— 37.1		Juli	23
(595)	„	+ 47.8	„ „	Jan.	2
		— 49.9		Juli	3
(596)	„	+ 37.4	„ „	Jan.	17
		— 35.9		Juli	18
(599)	„	+ 44.1	„ „	Jan.	9
		— 40.7		Juli	10

Annähernde Ähnlichkeiten der Hauptbahnelemente zeigen sich bei den Planeten

(570)	Ω = 229.7°	i = 1.7°	φ = 6.5°	a = 3.43
(586)	231.0	1.6	4.5	3.02
(573)	Ω = 343.8	i = 9.9	φ = 6.4	a = 3.01
(325)	345.4	8.6	9.1	3.21
(574)	Ω = 338.3	i = 6.2	φ = 11.8	a = 2.25
(63)	338.1	5.8	7.3	2.40
(576)	Ω = 300.1	i = 10.2	φ = 11.0	a = 3.03
(408)	299.6	9.1	7.9	3.17
(580)	Ω = 99.6	i = 3.7	φ = 7.6	a = 3.20
(171)	101.0	2.6	6.6	3.14
(589)	Ω = 178.7	i = 10.8	φ = 2.9	a = 3.13
(490)	179.3	9.2	5.1	3.17
(591)	Ω = 334.8	i = 12.6	φ = 12.0	a = 2.68
(143)	333.9	11.5	4.1	2.76
(598)	Ω = 92.4	i = 12.2	φ = 14.1	a = 2.77
(521)	90.5	10.5	16.3	2.74
(404)	92.8	14.1	11.7	2.60

Mit Namen versehen sind nachträglich die in frühern Berichten noch nicht benannten Planeten:

(400) Ducrosa	(495) Eulalia	(541) Deborah
(406) Erna	(500) Selinur	(543) Charlotte
(459) Signe	(501) Urhixidur	(546) Herodias
(461) Saskia	(502) Sigune	(549) Jessonda
(463) Lola	(513) Centesima	(550) Senta
(464) Megaira	(514) Armida	(551) Ortrud
(465) Alekto	(515) Athalia	(552) Sigelinde
(466) Tisiphone	(524) Fidelio	(553) Kundry
(467) Laura	(525) Adelaide	(555) Norma
(468) Lina	(526) Jena	(557) Violetta
(469) Argentina	(527) Euryanthe	(558) Carmen
(471) Papagena	(528) Rezia	(559) Nanon
(473) Nolli	(529) Preciosa	(560) Delila
(474) Prudentia	(530) Turandot	(561) Ingwelde
(479) Caprera	(531) Zerlina	(562) Salome
(481) Emita	(536) Merapi	(563) Suleika
(490) Veritas	(539) Pamina	(564) Dudu
(492) Gismonda	(540) Rosamunde	(567) Eleutheria.

Von den 28 Planeten (546)—(549), (551)—(568), (570), (573) und (575)—(578), welche seit dem letzten Berichte Lehmanns zum

ersten Male nach der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (554) und (578) in der zweiten Erscheinung beobachtet.

Neue Planeten der Jupitergruppe der Asteroiden. Außer dem Planetoiden 1906 TG sind noch zwei andere Glieder dieser Gruppe aufgefunden worden. Zunächst gehört hierzu, wie Dr. E. Strömgren gezeigt hat,[1]) der von Kopff in Heidelberg am 10. Februar d. J. entdeckte Planet 1907 X M. Schon die erste vorläufige Berechnung der Bahn aus drei Beobachtungen zwischen Februar 10 und März 21 zeigte, daß die mittlere Bewegung dieses kleinen Planeten von der mittlern Bewegung des Jupiter nicht sehr abweichen könne. Die genauere Berechnung, welche E. Strömgren ausgeführt hat, ergab für die mittlere tägliche Bewegung 292.584″, während die des Jupiter 299.128″ beträgt. Die halbe große Achse der Bahn des kleinen Planeten ist, wenn die halbe große Achse der Erdbahn = 1 gesetzt wird, = 5.2784, die der Jupiterbahn = 5.2028. Die Exzentrizität der Bahn des Planetoiden beträgt 0.03734, die der Jupiterbahn 0.04825. Die Bahnneigung ist ziemlich groß, sie beträgt 18° 7′ 17″, während die Jupiterbahn nur 1° 18′ 41″ gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist. „Die Entdeckung der zwei interessanten neuen Planeten 1906 T G und 1907 X M," sagt Dr. Strömgren, „führt auch die Gedanken auf eine andere Frage, die ein großes Interesse beanspruchen darf. Haben wir hier nur mit einer abgeschlossenen Gruppe von Himmelskörpern zu tun, die durch Jupiter für lange Zeiten in der Nähe der Jupiterbahn festgehalten werden, oder sind diese Neuentdeckungen als Vorboten zu einer Erweiterung des Systems der kleinen Planeten über die Jupiterregion hinaus aufzufassen? A priori ist ja diese letztere Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen; das Suchen mit den zur Verfügung stehenden großen Fernrohren wird wohl in nicht allzu ferner Zukunft die Antwort geben."

Der Planet 1906 VY (Patroclus) hat[2]) gemäß der Bahnberechnung von Vladimir Heinrich in Pribram eine mittlere tägliche Bewegung von 300.145″, während die des Jupiter 299.128″ beträgt, folglich ist jener kleine Planet etwas weniger weit von der Sonne entfernt als Jupiter, und seine Umlaufszeit beträgt 11.82 Jahre.

Aus den Beobachtungen 1906 Oktober 21 bis Dezember 7 hat V. Heinrich für die Opposition 1907 dieses Planeten folgende Elemente abgeleitet.[3])

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4177.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4181.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 4193.

Epoche 1906 Nov. 29.0 M. Z. Berlin.

$$
\begin{aligned}
M &= 41^\circ\ 27'\ 30.0'' \\
\omega &= 302\ 11\ 26.7 \\
\Omega &= 43\ 25\ 31.6 \quad \} 1910.0 \\
i &= 22\ 3\ 32.6 \\
\varphi &= 8\ 16\ 7.2 \\
\mu &= 300.659'' \\
\log a &= 0.714621
\end{aligned}
$$

Mars. W. F. Denning äußerte sich zum Teil auf Grund seiner eigenen Beobachtungen über die Kanäle des Mars. Schiaparelli, sagt er, entdeckte das „kanalige" Aussehen der Marsscheibe im Jahre 1877, und die Genauigkeit der bezüglichen Arbeiten des italienischen Beobachters ist in der Folge von mehrern der führenden Astronomen auf dem Gebiete der Planetenforschung bestätigt worden. Indessen die Bahn des Pioniers ist schwierig und führt leicht auf Seitenwege, auch wenn die allgemeine Direktion richtig ist. In Hinsicht auf alle Details seiner Marskarten hat Schiaparelli nicht immer Bestätigung gefunden, noch ist die Verdopplung mancher seiner Kanäle bestätigt worden. Aber hiervon abgesehen, bilden seine Darstellungen die beste Arbeitsbasis für den heutigen Beobachter und reichen weit hinaus über die Arbeiten von Green, dessen sehr schöne Zeichnungen dadurch beeinträchtigt sind, daß er viel zu skrupulös war in bezug auf Eintragung von Details, die nicht hervorragend deutlich waren. Schiaparelli hat ohne Zweifel die Kanäle viel zu gerade, zu scharf und zu gleichförmig gezeichnet. In den meisten Fällen zeigt das Teleskop dieselben wie höchst feine Bleistiftstriche oder Adern, die mit dunklern Regionen verknüpft sind, aber durchaus nicht von gleicher Breite oder gleichem Tone erscheinen. Obgleich mit einem und demselben Namen bezeichnet, repräsentieren sie sicherlich sehr ungleiche Objekte.

Einige Kanäle verdanken ihre (scheinbare) Existenz dem Kontrast an den Grenzen verschieden dunkler Flächen, andere entsprechen ziemlich ihrer Bezeichnung, indem sie als Streifen erscheinen, welche bekannte dunkle Flecke miteinander verbinden oder bisweilen über ausgedehnte Regionen der Oberfläche fortziehen. Wieder andere werden gebildet aus kleinen, unregelmäßigen Punkten (Kondensationen), welche näherungsweise in Reihen geordnet sind und sich dadurch in Banden darstellen, in welchen manches Detail momentan aufblinkt. Bei gewöhnlichen Vergrößerungen ist der allgemeine Anblick derselben auf der kleinen Scheibe derjenige von Strichen oder Kanälen, und der Beobachter zeichnet sie so, da er nicht imstande ist, die feinen Details wahrzunehmen.

Im März 1903, fährt Denning fort, begann ich eine Reihe sorgfältiger Beobachtungen des Mars mit einem 10-zolligen Reflektor, und günstige Witterung während einer Folge von zwei Monaten setzte mich in den Stand, den Planeten in 26 Nächten zu untersuchen

und 36 Zeichnungen desselben zu entwerfen. In den ersten Nächten sah ich bereits einige Kanäle mit unzweifelhafter Sicherheit. Eine beträchtliche Anzahl der in Schiaparellis Karten enthaltenen Kanäle wurde identifiziert, und als Resultat ergab sich die allgemeine Korrektheit dieser Zeichnungen, aber keinerlei Wahrnehmung von doppelten Kanälen gelang. Für mein Auge waren die Linien unveränderlich einfach, selbst bei den stärksten zulässigen Vergrößerungen, und ich bin zu dem Schlusse gezwungen, daß die Verdopplung keine wirkliche Tatsache ist.

Während meiner Beobachtungen fanden mehrere auffallende Veränderungen im Aussehen hervortretender Objekte der Marsscheibe statt, und diese wurden wahrscheinlich verursacht durch atmosphärische Vorgänge an der Oberfläche des Planeten. Die Gegenwart von Wolken oder verdeckenden Dünsten hat dagegen offenbar nur relativ kleine Regionen affiziert, denn die Flecke boten im allgemeinen Nacht für Nacht den gleichen Anblick, natürlich entsprechend der veränderlichen Schärfe der Bilder.

Die hellen Flecke sind augenfällig besonders am oder im Rande der Scheibe des Planeten, sie scheinen ebenso permanent zu sein wie die dunkeln Flecke.

Aus den Beobachtungen der Durchgänge von Syrthis major, die mit solchen vom Februar 1869 verglichen wurden, ergab sich, daß in der Zwischenzeit 12 136 Rotationen stattgefunden hatten, und die Umdrehungsdauer des Mars $24^h\ 37^m\ 22.7^s$ beträgt.

Die kanalförmigen Erscheinungen bieten mehrere tatsächliche Verschiedenheiten dar, einige derselben sind ziemlich breite und verwaschene Schattierungen, während andere sich als schmale und feine Linien darstellen. Die von Lowell als Oasen bezeichneten dunkeln Knoten wurden hier 1884, 1886 und in andern Jahren gesehen.

Die von Maunder und Evans geleiteten genialen Experimente erweisen gewisse Wahrnehmungen als Täuschungen, ohne indessen, wie einige meinen, das ganze Kanalsystem des Mars als solche nachzuweisen. Mehrere Kanäle sind in der Tat so augenfällig, daß sie in dieser Beziehung mit den Streifen des Jupiter und Saturn verglichen werden können.

Wenn wir die Vergrößerung viel weiter treiben und Mars als hinreichend große Scheibe prüfen könnten, würden die Kanäle wahrscheinlich einen Anblick gewähren, der sehr verschieden ist von dem in unsern gewöhnlichen Instrumenten. Wir würden sie dann wahrscheinlich als breite, ausgerandete Bänder von dunkelm Materiale sehen, die keinerlei Ähnlichkeit mit scharfgeschnittenen Wasserrinnsalen besitzen. Der südliche Äquatorialstreifen des Jupiter besteht aus einer Reihe von Flecken und gewährt eine gute Vorstellung der Veränderungen im Aussehen, wenn man ihn einmal an 50-facher dann an 500-facher Vergrößerung betrachtet. An

ersterer bildet er einen sehr dunkeln, schmalen Streifen, aber an letzterer ist dieser in eine Menge von flockigem Materiale, das sich in Gestalt eines breiten Zuges ausdehnt, zerfallen.

Wenn die Existenz der Marskanäle bezweifelt wurde, so ist dies zum Teil darauf zurückzuführen, daß gewisse Beobachter, die wirkliche Anzahl dieser Objekte übertrieben haben, sie in unnatürlicher Weise darstellten und das allgemeine Aussehen des Mars in einer Art ausarbeiteten, die offenbar dem teleskopischen Anblicke widerstreitet. Es ist wahr, daß gewisse Formen der Kritik die Beobachter stören ohne nützlichen Zweck; allein anderseits kann man alles unbesehen annehmen, was uns als beobachtet, wirklich oder eingebildet, objektiv oder subjektiv, angeboten wird.

Einander widersprechende Wahrnehmungen bei Beobachtung von Planeten werden gewöhnlich der Verschiedenheit der Teleskope, der Gesichtskraft und lokalen atmosphärischen Zuständen zugeschrieben, aber die Hauptursache liegt bei den Beobachtern selbst, die bezüglich ihrer Auffassung und Interpretation des Gesehenen sehr voneinander verschieden sind. Der eine nimmt äußerst feine und unvollständige, nur unsicher momentan auftauchende Details als sicher an und arbeitet sie möglicherweise weiter aus, ein anderer verwirft ähnliche Wahrnehmungen vollständig. Tatsächlich kommen zwei Umstände, die einander direkt entgegengesetzt sind, ins Spiel: 1. das vorherrschende Streben, Neues aufzuspüren und ältere Rekords zu übertreffen, und 2. die Notwendigkeit nur das anzunehmen, was sicher und dauernd gesehen ist mit Ausschluß alles Zweifelhaften. In bezug auf diese beiden Punkte weichen die Beobachter weit voneinander ab. Einige von ihnen beachten nicht genügend ihre verantwortliche Lage und stellen kühnlich Behauptungen auf, die das Teleskop nicht rechtfertigt, andere sind vielleicht zu ängstlich und geneigt, Details zu verwerfen, welche tatsächlich vorhanden sind, aber nur höchst fein und blickweise sich darstellen. Bei Beurteilung der Qualität von Beobachtungsresultaten sollte man sich stets erinnern, daß die Individualität des Beobachters einen hervorragenden Anteil hat. Einige sehen alles doppelt, andere unterscheiden Neues, wo gar nichts sichtbar ist, andere wiederum halten Kanäle für eine notwendige Erscheinung auf jeder Planetenscheibe. So sollen Merkur und Venus sehr augenfällige Flecken gezeigt haben, während andere nichts davon wahrnehmen konnten. In den Objekten selbst sind diese Anomalien nicht zu suchen, denn das tatsächlich Vorhandene kann ohne Schwierigkeit bestätigt werden. Die Flecke auf dem Saturn sind z. B. kurz nach ihrer Entdeckung von mehrern Beobachtern wahrgenommen worden. Doch kehren wir zum Mars zurück. Die Berichte von kanalähnlichen Linien auf seiner Scheibe sind wahr, obgleich hier und da etwas Übertreibung mit unterläuft; sie werden allen Widerspruch der Skeptiker überleben. Die nördliche Hemisphäre des Planeten erscheint angefüllt mit dunkeln Strichen, welche

kanalförmig verlaufen. Sie mögen vielleicht keine Wasserläufe sein, und ihr wirkliches Aussehen mag bisweilen sehr unähnlich dem in gewöhnlichen Teleskopen erscheinenden sein, aber die mit genügenden Hilfsmitteln versehenen Beobachter sind korrekt, wenn sie viele derselben als Linien und dunkle Streifen darstellen, welche die größern Flecke verbinden.

Die Lage der Ebene des Saturnringes ist von B. Peter neu bestimmt worden[1]) unter Verwendung des von Bessel noch nicht benutzten Beobachtungsmaterials.

Von den acht nach 1833 beobachteten Durchgängen von Sonne oder Erde durch die Ringebene liefern sechs ausreichende Unterlagen, um die Länge n des aufsteigenden Knotens der Ringebene auf der Ekliptik zu bestimmen. Indem Prof. Peter für die Neigung dieser Ebene gegen die Ekliptik $i = 28° 5' 42''$ (m. Äqu. 1890.0) angenommen, erhielt er für die Knotenlänge (m. Äqu. 1890.0):

Epoche	n
☉ 1848.7	168° 2′ 37″
♂ 1848.7	0 40
♂ 1849.0	2 41
☉ 1862.4	0 37
☉ 1878.1	1 34
☉ 1891.8	1 0
1863.1	168° 1′ 31″

Der mittlere Fehler einer Bestimmung beträgt $\pm 56''$, der des Mittels $\pm 23''$.

Nach Bessels Untersuchung besitzt die Knotenlinie auf der Saturnbahn eine rückläufige Bewegung von jährlich $3.85''$, der mittlere Fehler dieser Bestimmung beträgt aber $\pm 4.1''$. Auch die oben angeführten sechs Werte für den Knoten führen zu einer rückläufigen Bewegung von derselben Größe wie die Bewegung selbst, nämlich $m = 1.25'' \pm 1.32''$. Auf theoretischem Wege hat Oudemans für m gefunden $0.25''$ und H. Struve $0.7''$.

Die Epoche der Besselschen Bestimmung des Knotens ist 1780. Reduziert man den Besselschen Wert nur mit der Präzession, unter Vernachlässigung von m, auf 1890, so erhält man $168° 9' 36'' \pm 4.2'$. Für den Knoten des Saturnäquators hat H. Struve aus den Trabantenbeobachtungen gefunden

$167° 57' 38'' \pm 1.3'$ Epoche 1889.25 m. Äqu. 1890.0.

Nimmt man den Saturnäquator als mit der Ringebene zusammenfallend an, so hat man für das m. Äqu. 1890 also die drei Werte für den Knoten

168° 9′ 36″	$\pm 4.2'$	1780 Bessel
168 1 31	± 0.4	1863.1 Peter
167 57 38	± 1.3	1889.25 H. Struve

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4133.

In diesen drei Werten spricht sich deutlich eine rückläufige Bewegung der Knotenlinie aus. Die Verbindung des Besselschen Wertes mit dem von Peter führt zu

$$m = 5.83'' \pm 3.04''.$$

Setzt man den mittlern Fehler seiner Knotenbestimmung zu $\pm$ 1.5′ an, so wird der mittlere Fehler $\pm$ 3.22″. Mit dem Werte m = 5.8″ wird auch der Struvesche Wert noch innerhalb seines mittlern Fehlers dargestellt. Diese Zahlen machen es sonach sehr wahrscheinlich, daß die rückläufige Bewegung der Knotenlinie sich aus den Beobachtungen wesentlich größer als auf theoretischem Wege ergibt.

Neue Untersuchungen über die Helligkeitsschwankungen der vier großen Jupitermonde. Im Winter 1904 auf 1905 hat Dr. P. Guthnick auf der Sternwarte in Bothkamp photometrische Beobachtungen der hellen Jupitermonde ausgeführt, die zu wichtigen Resultaten führten, und über die an dieser Stelle berichtet worden ist.[1]) Er hat diese Beobachtungen dann wieder aufgenommen und vom 5. Juli 1905 bis zum 1. April 1906 fortgeführt. Die Ergebnisse der darauf beruhenden neuen Untersuchungen wurden der Preußischen Akademie der Wissenschaften in der Sitzung vom 27. März 1907 in einer Abhandlung vorgelegt,[2]) deren Hauptinhalt hier folgt:

Die frühern Untersuchungen Dr. Guthnicks hatten die Periodizität des Lichtwechsels der Trabanten und die Übereinstimmung der Perioden mit den Umlaufszeiten als unzweifelhaft ergeben, was nicht wohl anders erklärt werden kann als durch die Annahme, daß Rotations- und Umlaufszeit bei diesen Himmelskörpern gleich, und daß ihre Oberflächen von ungleichförmiger Albedo sind; daneben kommt noch eine merkliche Abweichung der Figur der Trabanten von der Kugelgestalt in Betracht. Weiter ergab sich aber auch, daß der Lichtwechsel nicht vollkommen streng periodisch sein könne, daß vielmehr eine relativ geringe Unstabilität der Lichtkurven während des Beobachtungszeitraumes von 1904 Dezember bis 1905 April bestanden haben müsse. Größere unzweifelhafte Veränderungen ließen sich ferner durch die Vergleichung der Auwersschen Beobachtungen (1858 bis 1860) mit den übrigen feststellen. Insbesondere die Lichtkurve des Trabanten II hat 1859 bis 1860 einen merklich andern Verlauf gehabt als 1870, 1877 bis 1878 und 1904 bis 1905; auch die übrigen Trabanten weisen Unterschiede auf, welche jetzt wenigstens teilweise als reell angesehen werden müssen. Die vorliegende neue Beobachtungsreihe, heißt es in der Abhandlung weiter, bestätigt diese Ergebnisse und fügt denselben weitere Einzelheiten hinzu. „Die Frage nach der Ursache des Lichtwechsels und der Veränderlichkeit der Lichtkurven wurde damals noch offengelassen; es wurde jedoch auf die verschiedenen Möglichkeiten hin-

[1]) Dieses Jahrbuch Bd. **16.** p. 37.
[2]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wiss. 1907. **17.** p. 335.

gewiesen. Bezüglich der Ursache des Lichtwechsels stehen zwei Möglichkeiten im Vordergrunde, nämlich 1. das Vorhandensein von Stellen ungleichen Reflexionsvermögens auf den Trabantenoberflächen, 2. eine Abweichung der Figur der Trabanten von der Kugelgestalt. Die Erörterung des ersten Punktes führte zu dem Schlusse, daß der Verlauf der Lichtkurven durch alleinige Annahme diffuser Reflexion nicht erklärt werden könne, daß man vielmehr genötigt sei, partielle Spiegelung anzunehmen. Mit der zweiten Annahme läßt sich günstigenfalls nur ein Teil der Helligkeitsbewegungen erklären; sie hat eine gewisse Stütze in der Form der Lichtkurven, welche durchschnittlich geringere Helligkeiten in den Konjunktionen, größere in den Elongationen der Trabanten aufweisen. Dieses Gesetz tritt jedoch in den Kurven von 1904 bis 1905 nicht ganz klar zutage, weshalb darauf ein größeres Gewicht nicht gelegt worden war. Die Lichtkurven für 1905 bis 1906 dagegen zeigen jene Eigentümlichkeit in bedeutend stärkerer Ausprägung."

Dr. Guthnick teilt alle Einzelheiten bezüglich der Beobachtungsmethode, die im wesentlichen die gleiche war wie früher, mit und ebenso die Helligkeitskurven, die sich aus der ältern wie der neuern Beobachtungsreihe ergaben. Die Vergleichung beider zeigt das überraschende Resultat, daß innerhalb von noch nicht einem halben Jahre ganz beträchtliche Veränderungen stattgefunden haben, welche aber im allgemeinen nicht auf starke Neigungen der Trabantenäquatoren gegen die Jupiterbahn zurückgeführt werden können, sondern offenbar physische Vorgänge auf den Oberflächen, bzw. in den Atmosphären der Trabanten widerspiegeln.

„Betrachtet man die Beobachtungsreihe 1905 bis 1906 für sich allein, so ist aus ihr ebenfalls mit Notwendigkeit die Übereinstimmung der Lichtwechselperioden mit den Umlaufszeiten zu folgern.

Es bleibt noch übrig, auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Lichtkurven, welche in der Hauptsache zwischen Frühjahr und Herbst 1905 stattgefunden haben müssen. und der großen Aktivität der Jupiteroberfläche während der zweiten Hälfte des Jahres 1905 und im folgenden Jahre hinzuweisen, im Verlaufe derer das nördliche Äquatorealband des Planeten fast ganz verschwand. Die vielleicht nicht zufällige Gleichzeitigkeit der beiden Vorgänge, die möglicherweise auf solare Ursachen hindeutet, ist auch, wenngleich viel weniger auffallend, für die Zeit der Auwersschen Beobachtungen angedeutet. Es wurde schon früher darauf aufmerksam gemacht, daß die Lichtkurve von II 1858 bis 1860 einen wesentlich andern Verlauf gehabt hat, als zur Zeit der Messungen von Engelmann, Pickering und 1904 bis 1905. Auch die Kurve von IV weist Abweichungen gegen die Form von 1870 und 1904 bis 1905 auf, welche an die Veränderungen von 1905 bis 1906 erinnern. Damals befand sich die Jupiteroberfläche ebenfalls gerade in einer Periode lebhafter Veränderung, die sich besonders durch das all-

mähliche Verschwinden beider Äquatorstreifen 1858 bis 1859 und das plötzliche Wiederauftreten des südlichen Bandes im Herbste 1859 bemerkbar machte. Zur Zeit der Engelmannschen und der wenig zahlreichen Pickeringschen Beobachtungen, sowie 1904 bis 1905 hatte Jupiter im großen und ganzen normales Aussehen; die aus diesen Beobachtungen konstruierten Lichtkurven weisen keine auffallende Abweichungen auf, die sich nicht auf die Unsicherheit der Beobachtungen zurückführen lassen." Eine gewisse Periodizität der Veränderungen der Lichtkurven ist demnach nicht ausgeschlossen; aber die Periode ist nicht gleich der Umlaufszeit des Jupiter. Auch eine Beziehung zur Sonnenfleckenperiode ist nicht deutlich genug ausgeprägt, um ihr Realität ohne weiteres zusprechen zu können. Ein strenger Parallelismus zwischen den Erscheinungen auf Jupiter, den Veränderungen der Trabantenkurven und der Sonnenfleckenperiode wäre freilich von vornherein nicht zu erwarten, selbst wenn ein Zusammenhang wirklich bestehen sollte. Zur Beantwortung der hier aufgeworfenen Fragen würde es jedenfalls andauernder Beobachtung der Trabanten durch mindestens einen Jupiterumlauf hindurch bedürfen.

Flecke auf der Oberfläche des 3. Jupitermondes. Dem Direktor der Sternwarte Fabra bei Barcelona, J. Comas Sola, ist es am 23. November 1906 gelungen, auf der Oberfläche des dritten Jupitermondes deutliche Flecke wahzrunehmen und deren Aussehen am 14-zolligen Refraktor dieser Sternwarte zu zeichnen. Comas Sola hat seine bezüglichen Beobachtungen während der jüngsten Erdnähe des Jupiter fortgesetzt und konnte, von vorzüglicher Witterung begünstigt, die volle optische Kraft des Refraktors dabei ausnutzen. Er gibt über diese Beobachtungen einen ausführlichen Bericht[1]) nebst zwölf Zeichnungen vom Aussehen des Trabanten. Letztere sind auf Tafel I hier wiedergegeben. Gemäß diesen Zeichnungen sind die dunkeln und hellen Flecke, besonders die Polarflecke des Trabanten sehr augenfällig, und das Aussehen der Scheibe erinnert in hohem Grade an dasjenige des Mars in Fernrohren von mittlerer Größe. Als Ergebnis einer genauern Diskussion seiner Wahrnehmungen stellt Comas Sola folgende provisorische Sätze auf:

1. Die Sichtbarkeit der nördlichen Polarkalotte des Trabanten ist unabhängig von der Position desselben gegen Jupiter.

2. Diese nördliche Kalotte ist unvergleichlich heller und konstanter als die südliche; ihre Helligkeit ist vergleichbar derjenigen der Polarflecke des Mars.

3. Wie beim Mars ist die nördliche helle Kalotte des 3. Jupitermondes, von einem dunkeln Rande umgeben, der gegen den Polarfleck hin dunkler erscheint.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4199.

4. Diese Kalotte ist in bezug auf ihre Sichtbarkeit sehr veränderlich, abgesehen von den wechselnden Zuständen unserer Atmosphäre.

5. Die nördliche Kalotte schien auf die Erde zu geneigt. Befindet sie sich am Ende der Rotationsachse des Satelliten, so würde die Äquatorialebene desselben mit Beziehung auf seine Bahnebene eine beträchtliche Neigung besitzen.

6. Die dunkeln Flecke sind sehr schwer zu präzisieren, und sie scheinen sich in kurzer Zeit zu verändern.

7. Über die Rotationsdauer dieses Satelliten läßt sich Sicheres nicht sagen.

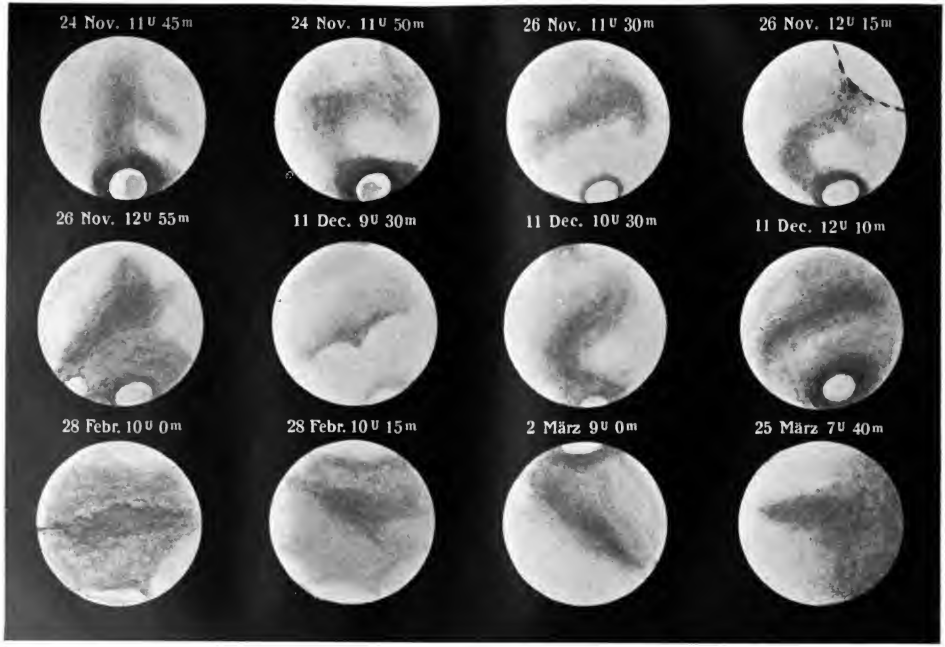
Frühere Beobachtungen des 6. Jupitermondes. Die photographischen Aufnahmen der Umgebung des Jupiter mittels des großen Crossleyreflektors der Licksternwarte haben bekanntlich am 3. Dezember 1904 zur Entdeckung eines sehr schwachen Sternchens geführt, das sich durch weitere photographische Aufnahmen bis zum 4. Januar 1905, als ein 6. Mond des Jupiter erwies. Die Nachforschung auf den photographischen Platten der Harvardsternwarte hat nun seitdem ergeben,[1]) daß dieser Jupitermond schon auf zwei Platten aus dem Jahre 1894 und auf neun Platten aus dem Jahre 1899 dargestellt ist, ohne daß man ihn als Trabanten erkannte. Diese Platten waren zwei bis drei Stunden lang exponiert, und der Trabant würde darauf dargestellt sein, selbst wenn er eine volle Größenklasse schwächer wäre. Es ist wahrscheinlich, daß bei Aufnahmen mit dem Bruceteleskop zu Arequipa von zweistündiger Expositionsdauer, wenn dabei das Bild des Jupiter wegen der großen Helligkeit desselben durch einen Schirm verdeckt wird, selbst ein Satellit, der nur 15. Größe ist, und mehr als 5′ Winkelabstand vom Jupiter, der Wahrnehmung nicht entgehen würde.

Neu berechnete Bahnelemente des 6. Jupitermondes. F. E. Roß hat für das mittlere Datum 1905.04 die von den Wirkungen der Störungen befreiten Bahnelemente dieses Trabanten berechnet. Dieselben sind, bezogen auf die Ebene des Erdäquators, der Ekliptik und der Jupiterbahn folgende:

	Ebene des Erdäquators	Ebene der Ekliptik	Ebene der Jupiterbahn
Länge des Perihels	268.82°	268.62°	268.30°
Länge des aufsteigenden Knotens. .	171.0	178.18	180.53
Neigung der Bahn	5° 35.0′	28° 58.7′	28° 44.8′
Winkelabstand d. Perihels v. Knoten	97.82°	90° 44′	87.77°

Die mittlere tägliche Bewegung beträgt siderisch 1.43645°, tropisch 1.436 49°, die siderische Umlaufsdauer 250.618 Tage, die halbe große Achse der Bahn (in Teilen der mittlern Entfernung

[1]) Annales of Harvard College Observatory **60**. Nr. 2. p. 33.



Ed. Heh. Mayer, Verlag, Leipzig.

Aussehen des 3. Jupitermondes von November 1906 bis März 1907, gezeichnet von J. Comas Solá.

Jahrbuch XVIII, 1907. Tafel I.

der Erde von der Sonne) 0.076 604 oder in Winkelmaß bei mittlerer Entfernung des Jupiter 3037.0″, ist also etwas über sechsmal so groß wie die mittlere Entfernung des vierten Trabanten. Das Perihel rückt (theoretisch) in einem julianischen Jahre auf der Ebene der Jupiterbahn um 1.373° vor, der aufsteigende Knoten geht in derselben Zeit um 1.207° zurück.[1])

Neue Bahnelemente des 7. Jupitermondes hat Frank E. Roß berechnet.[2]) Sie beruhen auf zwölf Beobachtungen, die sich über den Zeitraum vom 3. Januar 1905 bis 25. September 1906 erstrecken. Die hauptsächlichsten Störungen wurden ebenfalls berechnet. Die Elemente sind folgende:

$$\left.\begin{array}{l} g = 238.23^\circ \\ \omega = 182.77 \\ \Omega = 291.45 \\ i = 25^\circ\ 18.6' \end{array}\right\} \text{bezogen auf die Ebene des Erdäquators, 1905 Jan. 00 m. Z. v. Gr.}$$

$$\left.\begin{array}{l} \omega_3 = 235.92^\circ \\ \Omega_3 = 243.00 \\ i_3 = 27^\circ\ 58.3' \end{array}\right\} \text{bezogen auf die Ebene der Jupiterbahn}$$

tägliche Bewegung von g . . . . . = 1.3804°
mittlere siderische Bewegung . . . . = 1.3843
Periode in 260.06 Tagen **a** . . . . . = 3113″
$\varphi = 11^\circ\ 58'$, größte Elongation. . . = 93′

Der Mond.

Die Rotation und Gestalt des Mondes. Arbeiten hierüber haben früher Wichmann, Hartwig und Franz veröffentlicht, neue und weit umfassendere Untersuchungen hat neuerdings Friedrich Hayn ausgeführt, und da dieselben jetzt vollendet vorliegen,[3]) so ist es angezeigt, an dieser Stelle wenigstens auf einige Hauptergebnisse derselben in bezug auf deren selenologische Bedeutung einzugehen. Bezüglich der mathematischen Behandlung des Problems wird der Fachmann die drei Abhandlungen, in welchen der Verfasser seine Arbeiten veröffentlicht hat, mit großem Interesse selbst studieren, hier können, wie bemerkt, nur die Ergebnisse, insofern solche unser positives Wissen vermehren, kurz und allgemein verständlich dargestellt werden.

Den Ausgangspunkt für alle hierhin gehörigen Untersuchungen bilden die drei von D. Cassini entdeckten Gesetze, welche also lauten:

1. Der Mond dreht sich um eine in ihm feste Achse in derselben Zeit, in der er einen Umlauf um die Erde vollendet.

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 112.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4175.
[3]) Abhandl. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. **27.** Nr. 9. **29.** Nr. 1. **30.** Nr. 1.

2. Die Neigung dieser Achse gegen die Ekliptik ist konstant.

3. Mondäquator, Mondbahn und Ekliptik schneiden sich in einer Geraden, und zwar so, daß der absteigende Knoten des Mondäquators auf der Ekliptik mit dem aufsteigenden Knoten der Bahn zusammenfällt.

Diese Gesetze gelten für die mittlere Bewegung des Mondes.

Mit Hinweis auf eine von Prof. Bruns in seinen Vorlesungen gemachte Bemerkung betont Hayn, daß die Unveränderlichkeit der Drehachse im Mondkörper nur näherungsweise gilt. Theoretisch steht fest, daß die augenblickliche Drehachse eines frei beweglichen Körpers im Raume fest oder beweglich ist, wenn sie es im Körper ist, und umgekehrt. Die Drehachse des Mondes beschreibt nun im Raume angenähert einen Kreiskegel um die Achse der Ekliptik, dessen halber Öffnungswinkel gleich der Neigung des Mondäquators ist. Daraus läßt sich für die Achsenänderungen im Mondkörper und für die entsprechenden Polhöhenschwankungen auf Beträge schließen, die mindestens 20″ oder, von der Erde aus gesehen, 0.1″ erreichen.

„Bewegte sich," fährt der Verfasser fort, „der Mond mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde in einer Kreisbahn, die mit dem Mondäquator zusammenfiele, so würde ein ganz bestimmter Mondradius stets auf den Schwerpunkt der Erde gerichtet sein. Dieser „erste Radius", durch den Tobias Mayer seinen ersten Mondmeridian legte, ist nun aber in Wirklichkeit nicht immer auf das Erdzentrum gerichtet, da die vorhin genannten Bedingungen nicht erfüllt sind, sondern er weicht von dieser Richtung in dem Maße ab, als die Mondbewegung von der oben angenommenen Kreisbahn abweicht. Der „erste Radius", welcher in der vorliegenden Untersuchung eine ganz besondere Bedeutung hat, liegt also im Mondäquator, und sein Abstand vom aufsteigenden Knoten dieser Ebene ist gleich der mittlern Länge des Mondes, vermindert um die mittlere Länge des aufsteigenden Knotens seiner Bahn, da eben dieser Abstand Null ist, wenn der mittlere Mond sich in diesem Knoten befindet, und da zufolge des ersten Gesetzes der erste Radius in derselben Zeit einen Umlauf vollendet wie die mittlere Länge.

Nun könnten die Cassinischen Gesetze nicht bestehen, wenn der Mond eine homogene Kugel oder ein Rotationsellipsoid wäre. Der Mond muß vielmehr ein dreiachsiges Ellipsoid sein, und da wir anzunehmen haben, daß der Mond diese Form unter dem Einflusse der Anziehung der Erde und seiner Rotation erlangt hat, bevor er erstarrte, so ist die Vorstellung wohl gerechtfertigt, daß die Lage der Hauptträgheitsachsen folgende sei: Zwei Achsen liegen im Äquator, die dritte fällt mit der Rotationsachse zusammen. Von den ersten beiden wird wiederum die eine mit dem ersten Radius zusammenfallen.

Rotations- und Umlaufszeit müssen bereits gleich gewesen sein, als der Mond erstarrte, da sich außer der Reibung der bedeutenden,

durch die Erde hervorgerufenen Flut keine Kraft denken läßt, die imstande gewesen wäre, diese Gleichheit hervorzurufen.

Unter dem Einflusse der Attraktion der Erde mußte sich dann auf dem Monde eine stehende Flutwelle bilden, deren Symmetrieachse mit dem ersten Radius zusammenfällt. Da nun derselbe nicht immer auf die Erde gerichtet ist, so wird der Mondkörper unter dem Einflusse der Erdanziehung pendelartige Schwingungen ausführen, die im allgemeinen, wie sich vermuten läßt, die Ungleichheiten der Mondbewegung widerspiegeln werden."

Hayn behandelt zunächst das Problem der Achsenbewegung der Mondes so, als wäre der direkte Einfluß der Sonne darauf gleich Null, und zeigt dann, daß die Rotationsbewegung des Mondes in der Tat nur sehr wenig durch die direkte Anziehung der Sonne beeinflußt wird, da diese wegen der großen Entfernung der Sonne nur den 185. Teil des Einflusses der Erdanziehung betragen kann. Hayn findet, daß die einzig bemerkbare Wirkung der Sonnenanziehung auf das rotierende Mondellipsoid darin besteht, daß hierdurch die mittlere Neigung des Mondäquators um ein geringes sich anders ergibt, als wenn die Erde allein wirkte. Bei Berechnung der physischen Libration des Mondes kann man daher die Einwirkung der Sonne außer acht lassen.

Im zweiten Teile seiner Publikation gibt Hayn eine ausführliche Bearbeitung der Beobachtungen, welche er in den Jahren 1898 bis 1901 am 11-zolligen Refraktor der Leipziger Sternwarte angestellt hat, und zwar behandelt er die Ableitung der selenographischen Position von fünf Punkten I. Ordnung auf der Mondoberfläche und der Rotationselemente des Mondes. Das Netz der ausgewählten fünf selenographischen Punkte erster Ordnung besteht aus den Objekten: Mösting A, Messier A, Kepler A, Egede A, Tycho Zentralberg. „Ein Grund, warum außer Mösting A gerade diese vier Punkte gewählt wurden, war zunächst die gute Definition dieser Objekte, sodann aber der Umstand, daß Messier A und Kepler A vorzüglich geeignet sind, um frei von systematischen Fehlern die Neigung der Mondachse zu bestimmen und ebenso zur Orientierung von photographischen Mondaufnahmen zu dienen. Da nämlich die Krater Messier A, Mösting A, Kepler A so gelegen sind, daß in allen Beleuchtungsphasen die Symmetrieachse ihrer Figur mit dem Parallel nahe zusammenfällt, so werden Deklinationseinstellungen dieser Punkte im wesentlichen frei sein von systematischen, durch verschiedenartige Beleuchtung hervorgerufenen Fehlern. Nachdem so drei Punkte in der Nähe des Mondäquators gewählt waren, mußten notwendig die beiden andern in der Nähe der Pole ausgesucht werden. Im Norden war die Wahl nicht schwer, da Egede A ein sehr scharf definiertes Objekt ist, im Süden dagegen gibt es überhaupt keinen Punkt, der unter allen Beleuchtungsverhältnissen gut zu beobachten ist. Am besten geeignet schien immerhin noch die Spitze des Zentral-

berges von Tycho zu sein, obschon dieser Punkt zwei Tage vor bis zwei Tage nach Vollmond nicht beobachtet werden kann."

Wie aus den Messungen der scheinbaren Lagen dieser Punkte gegeneinander und gegen den Mondrand deren Längen und Breiten auf dem Monde berechnet werden, findet der dafür interessierte Leser in der Abhandlung ausführlich mitgeteilt. Auf mehrern Tafeln, die Verkleinerungen der Blätter des großen Pariser Mondatlas sind, finden sich die fünf Punkte mit ihrer nähern Umgebung abgebildet. „Um eine Schätzung der Höhendifferenzen aus den Schattenlängen nach diesen Abbildungen zu ermöglichen, ist unter jeder Karte die Höhe der Sonne über dem Horizonte des betr. Hauptpunktes gegeben. Mösting A würde hiernach eine Höhe von etwa 4000 *m*, Kepler A eine solche von 2400 *m* über dem mittlern Niveau des Randes haben. Sollte der Wert von Mösting A bestätigt werden, so müßte man annehmen, daß der Mond um einen Betrag von beiläufig 1″ oder 2000 *m* nach der Erde zu verlängert ist, das wäre etwa rund ein Tausendstel des Radius. Denn wenn auch Mösting A in einer gebirgigen Gegend liegt, so scheint gegen eine Höhe von 4000 *m* über dem mittlern Niveau der Augenschein zu sprechen. Nach den Pariser Photographien kann Mösting A etwa 1″ = 1900 *m* über den Ebenen seiner Umgebung liegen. Im allgemeinen scheinen aber die größern Ebenen des Mondes eher unter als über dem mittlern Niveau zu liegen. Kepler A liegt auf den Ausläufern des Keplergebirges, außerdem von allen andern Punkten dem ersten Radius am nächsten, so daß seine Höhe von 1.3″ erklärlich scheint. Messier A und Egede A sind augenscheinlich derartig gelegen, daß der Kamm ihres Walles nicht erheblich vom mittlern Niveau abweichen dürfte. Tycho endlich liegt in der gebirgigsten Gegend des Mondes, das Ringgebirge selbst ist sehr hoch, jedoch befindet sich der Gipfel des Zentralberges tief unter dem Kamme des Wallgebirges (nach Mädler 3000 bis 4000 *m*), so daß auch hier der beobachtete Punkt nahezu im mittlern Niveau liegen dürfte."

Von größter Wichtigkeit für die genaue Ermittlung der Rotationselemente des Mondes und der Position der Oberflächenpunkte ist die Ausscheidung derjenigen Messungsfehler, welche durch die Abweichungen des Mondrandes von der genauen Kreisform hervorgerufen werden. Hiermit beschäftigt sich Hayn in seiner dritten Abhandlung. Das Beobachtungsmaterial ist natürlich nicht so umfangreich, daß eine detaillierte Karte der Randpartien aufgestellt werden könnte, die einzelne Berge und Täler enthält, sondern man muß sich im allgemeinen damit begnügen, größere Gebirgszüge und Senkungen zahlenmäßig nachzuweisen. Ferner ist auch die perspektivische Verschiebung durch die optische Libration nicht groß genug, um aus ihr den wahren selenographischen Ort des Objektes ableiten zu können, sondern man muß sich mit der Näherung begnügen, einem Berge, der am Mondrande erscheint, die Lage im

geometrischen Randpunkte zuzuweisen, obwohl er ebensogut mehr nach dem Beobachter zu als auf der abgewendeten Seite des Mondes liegen kann und sich nur infolge seiner Höhe auf den Rand projiziert.

Die definitive Untersuchung des Randniveaus des Mondes wird von Hayn auf Grund seiner genauen Neuberechnung des Ortes des Kraters Mösting A auf der Mondoberfläche durchgeführt, und er gibt eine Karte des Mondrandes mit den dort vorhandenen Erhebungen und Vertiefungen. Aus dieser Karte, sagt Hayn, geht hervor, „daß Hebungen und Senkungen über den ganzen Rand verteilt sind. Im allgemeinen sind die Senkungen wohl schon bekannte Mare. Eine wesentliche Ausnahme hiervon bilden aber die ausgedehnten Senkungen, die sich nach meinen Untersuchungen jenseits der beiden Pole befinden und als sicher nachgewiesen gelten können; besonders interessant sind die Niveauverhältnisse des Südpols. Jedenfalls sind diese Verhältnisse nicht geeignet, die Ansicht zu stützen, daß sich in der Nähe der Pole keine großen Senkungen befänden. In dem Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften vom 31. Mai 1906 hat Franz aus der Annahme, daß die Mare sich nur in einem etwa äquatorealen Gürtel befinden, die Entstehung derselben zu erklären versucht. Diese Erklärung stützt sich aber auf die Annahme, daß der Mond schon wesentlich erstarrt war, als er noch eine größere Rotationsgeschwindigkeit besaß. Dem gegenüber muß hier nochmals betont werden, daß, solange wir keine andere Erklärung für die Gleichheit von Rotations- und Umlaufszeit haben als die Flutreibung, der Satz aufrecht erhalten werden muß: „Die Rotationszeit des Mondes war schon gleich seiner Umlaufszeit, als er erstarrte, d. h. als diese Gleichheit schon nahe erreicht war, mußte noch eine bremsende Flutwelle möglich sein, sonst wären die beiden Zeiten nicht gleich; diese Flutwelle wurde schließlich zur stehenden, die nun bewirkt, daß die beiden Zeiten gleich bleiben müssen. Will man also die Erklärung der Mare nach Franz aufrecht erhalten, so muß angenommen werden, daß der Mond schon wesentlich erstarrt war, als seine Entfernung von der Erde noch sehr klein war, denn nur dann wäre eine größere Rotationsgeschwindigkeit und infolgedessen eine erhebliche Abplattung möglich gewesen. Diese Annahme ist vielleicht möglich, aber nicht sehr plausibel."

„Es liegt ein gewisser Reiz darin, die Gebilde der Mondoberfläche erklären zu wollen; wohl noch jeder Mondbeobachter hat diesen Wunsch lebhaft empfunden, woraus sich auch die große Menge der Mondtheorien erklärt. Unter ihnen sind alle Arten vertreten von der naivsten Vorstellung — ich erinnere nur an die in die breiige Masse gefallenen Meteore — bis zu den interessantesten und scharfsinnigsten Hypothesen. Aber die meisten lassen einen großen Mangel erkennen, sie sind nur schön und sinnreich erdacht und stützen sich nicht auf exakte wissenschaftliche Grundlagen. Mit nur geringen Ausnahmen vermißt man überall die genügende

Berücksichtigung der Erkenntnisse der Geologie, und doch glaube ich, daß man nur auf Grund der geologischen Forschungen eine richtige Vorstellung von der Entwicklungsgeschichte des Mondes erhalten wird. Man begegnet so oft der Behauptung, daß die Oberfläche des Mondes grundverschieden von der der Erde ist. Diese These ist dem Augenscheine nach ohne weiteres zuzugeben, und doch glaube ich, die meisten werden bei einem genauern Studium der Geologie erkennen, daß Analogien, die freilich nicht offen zutage liegen, in sehr großer Zahl vorhanden sind. Setzen wir den gemeinsamen Ursprung von Erde und Mond voraus, so ist dies ja auch nicht wunderbar, denn abgesehen von dem Massenunterschiede, aus dem alle Verschiedenheiten von Erde und Mond hervorgehen, sind die Stoffe und die treibenden Kräfte dieselben. Nehmen wir z. B. an, die Zweiteilung wäre so erfolgt, daß beide Massen gleich waren, so würden wir auch jetzt zwei Körper vor uns haben, die im Innern wie Äußern ganz ähnlich beschaffen sein würden und in demselben Stadium der Entwicklung sich befänden. Nehmen wir die Masse des Mondes nun immer kleiner und kleiner an, so wird der Unterschied in der Bildung immer kleiner werden, und doch werden gewisse Hauptgrundzüge beiden Körpern gemeinsam bleiben. Aus der Kleinheit der Masse aber folgt ein größeres Verhältnis von Oberfläche zur Masse und damit eine weit raschere Abkühlung und ein schnellerer Abschluß der Oberflächenformationen.

Wir sind auf Grund der Beobachtungen zu der Annahme berechtigt, daß der Mond ein — natürlich mutatis mutandis — organisches Leben längst hinter sich hat und einen Zustand erreicht hat, den die Erde erst in weiter Ferne erreichen wird. Denn nichts berechtigt uns zu der Annahme, der Mond habe kein Wasser und keine Atmosphäre besessen, natürlich in ganz andern Verhältnissen wie die Erde zufolge der relativen Kleinheit der Masse. Diese flüssigen Bestandteile der Oberfläche können sich längst mit den Stoffen dieser Oberfläche verbunden haben; die Zeit, die hierzu nötig ist, spielt wohl keine große Rolle im Lebensalter eines Weltkörpers. Auf der Erde haben Wasser und Atmosphärilien, da sie in viel größern Mengen vorhanden waren, durch Verbindung mit den festen Stoffen der Oberfläche eine Decke von solcher Mächtigkeit gebildet, daß von der eigentlichen Erstarrungskruste nur sehr wenig noch zutage tritt. Solche sedimentären Ablagerungen sind auf dem Monde sicher auch vorhanden, wenngleich in bedeutend geringerer Ausdehnung. Wollte ich nun diese oder jene Gebilde des Mondes als sedimentär bezeichnen, so würde ich mich gleichfalls in das Gebiet der Phantasie begeben; zu solchen Folgerungen können uns vielleicht erst viele gründliche Untersuchungen der Niveauverhältnisse des Mondes führen.

„Der Grund der vorstehenden Auseinandersetzung war: darauf hinzuweisen, daß wir nicht mit Hilfe von Hypothesen, und mögen sie

noch so interessant sein, uns der wahren Erkenntnis nähern werden, wenn diese Hypothesen sich nicht auf exakten Forschungen aufbauen. Dazu kann uns aber das Studium der Erdkruste führen, denn der Unterschied zwischen der Bildung der Erdkruste und der des Mondes ist vielmal kleiner, als der zwischen einem Experimente im Kleinen, im Laboratorium, und dem Aufbau der Mondformationen, der unter der Einwirkung von Kräften und in Zeiträumen zustande kam, von denen wir uns keine Vorstellung machen können.

Da der Mond, soweit wir jetzt wissen, keine Atmosphäre besitzt, die am Rande eine meßbare Refraktionswirkung besitzt, können wir als den Radius des mittlern Randniveaus den annehmen, der aus den Beobachtungen von Sternbedeckungen folgt. In der zweiten Abhandlung war festgesetzt worden, daß dieser Radius nach Battermann entsprechend einer Parallaxe von 57′ 2.27″ zu 15′ 32.50″ angenommen werden sollte. Der entsprechende Radius des Nautical Almanac ist 15′ 34.21″, demnach würde sich Mösting A 2.21″ über das mittlere Niveau des Randes erheben. Der mittlere Fehler dieser Größe beträgt 0.56″, es ist daher nicht ausgeschlossen, daß die Erhebung von Mösting A um 1″ geringer ist, sie kann freilich auch ebensoviel größer sein. Die Reihe von Hartwig und meine eigenen Beobachtungen befinden sich ja in diesem Punkte in guter Übereinstimmung, es wird aber trotzdem nötig sein, zur Entscheidung dieser Frage die andern Beobachtungsreihen heranzuziehen. Eine Neureduktion wäre deshalb sehr erwünscht. Nach unsern Resultaten würde Mösting A eine Höhe von etwa 4000 *m* über dem mittlern Randniveau haben; da nach der zweiten Abhandlung die Erhebung über der nähern und weitern Umgebung nur gering sein kann, muß man vorläufig eine Verlängerung des Mondes von etwa 2000 *m* annehmen.“

„Es lag,“ bemerkt Hayn weiter, „die Vermutung nahe, daß die Gebirge und Senkungen des Mondrandes jene Erscheinung verursacht hätten, aus der Hansen geschlossen hat, daß der Schwerpunkt des Mondes von der Erde 59 *km* weiter entfernt sei als sein Mittelpunkt. Daß diese Hypothese nicht richtig sein konnte, ging schon aus den Untersuchungen von Wichmann, Franz und Hartwig über die physische Libration hervor. Denn obgleich in diesen Arbeiten der Abstand von Mösting A vom Mondschwerpunkte nicht bestimmt worden ist, so müßte doch nach Hansen Mösting A sehr große Schwankungen zeigen, die mit den Beobachtungen nicht in Einklang zu bringen wären. Trotzdem findet man noch in neuerer Zeit hier und da eine Bemerkung, als könne die Annahme Hansens richtig sein.“

Endlich ergibt die Prüfung der Mondrandkarte durch Hayn, daß die Abweichungen von der genauen Kreisform höchst unregelmäßig sind, und eine etwaige Abplattung der Mondscheibe daraus nicht hergeleitet werden kann, dieselbe also unermeßbar klein ist.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1906. Prof. H. Kreutz hat, wie in frühern Jahren, auch für 1906 eine kritische Zusammenstellung der Kometenerscheinungen und der bezüglichen Beobachtungen veröffentlicht.[1]) Wir entnehmen derselben das Nachfolgende:

K o m e t 1905 c (1906 I). Derselbe wurde vor dem Perihel außer in Bamberg auch auf den Sternwarten Utrecht und Straßburg 1906 Januar 14 tief am Horizonte zum letzten Male gesehen. In der Nebelhülle von 1′ Durchmesser war eine helle, 9″ große Kernscheibe zu erkennen; auch konnte das Vorhandensein von zwei kurzen Schweifen in der hellen Dämmerung konstatiert werden. Nach dem Perihel beginnen wieder die Beobachtungen auf der südlichen Halbkugel mit Februar 15 Washington. Die zu dieser Zeit schon sehr merkbare Abnahme der Helligkeit nahm rasch zu; am 22. Februar schätzte Wirtz in Straßburg den Kometen 9., am 21. März nur mehr 13. Größe. Die letzte Ortsbestimmung datiert von Washington März 22.

Duncan in Flagstaff und Barnard in Williamsbay haben vom Kometen zahlreiche photographische Aufnahmen, hauptsächlich aus der Zeit vor dem Perihel, erhalten, die insbesondere sehr interessante Einzelheiten über die Bildung des Schweifes, der auf den Platten Anfang Januar 1906 die Länge von 10° erreichte, darbieten. Auch auf der Licksternwarte ist der Komet mehrfach photographiert worden, doch sind die Platten noch nicht im Detail bearbeitet.

Aus sechs Normalörtern von 1905 Dezember 7 bis 1906 Januar 14 haben Schönberg und Büss die folgenden Elemente des Kometen abgeleitet

Zeit des Perihels	T = 1906 Jan. 22.392 66 m. Z. B.	
Bogen vom Knoten bis zum Perihel	ω = 199° 11′ 40.0″	} 1906.0
Länge des aufsteigenden Knotens	Ω = 92 5 5.7	} 1906.0
Neigung der Bahn	i = 43 39 39.0	} 1906.0
Periheldistanz	q = 0.214006.	

K o m e t 1906 a (1905 VI). Der Komet wurde von Brooks in Geneva N. Y. am 26. Januar 1906, 35 Tage nach dem Perihel durchgange, als runder Nebel 9. Größe von 8′ Durchmesser entdeckt. Ein schwacher Kern war vorhanden. Der Komet näherte sich, in nördlichere Deklinationen bis 85° aufsteigend, zunächst noch der Erde, so daß er bis in die dritte Februarwoche die Entdeckungshelligkeit nahe beibehielt. Sodann wurde er rasch schwächer und war Ende Februar auf die 10., Ende März auf die 13. Größe herabgesunken. Die letzte Beobachtung ist am 24. April auf der Lowellsternwarte in Flagstaff angestellt worden.

Die folgenden Elemente sind von Ebell aus den Beobachtungen 1906 Januar 27, Februar 3 und 10 abgeleitet worden:

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. 1907. p. 94.

$$\begin{array}{l} T = 1905 \text{ Dez. } 22.2239 \text{ m. Z. B.} \\ \left.\begin{array}{l} \omega = 89^\circ\ 43'\ 47.3'' \\ \Omega = 286\ \ 22\ \ \ 1.7 \\ i = 126\ \ 27\ \ 33.2 \end{array}\right\} 1906.0 \\ q = 1.2955 \end{array}$$

Komet 1906 b (1905 IV), photographisch entdeckt von Kopff in Heidelberg 1906 März 3 als ein gut erkennbarer, kleiner Nebel mit scharfem Kerne und einem $^1/_2{}^\circ$ langen Schweife. Visuell war die Helligkeit 11. Größe, der Kern 11.5 Größe, der Durchmesser der Nebelhülle gegen 40″, ein Schweif war mit dem Auge nicht zu erkennen. Vom 17. März bis gegen Mitte Mai ging in dem Aussehen des Kometen eine beträchtliche Veränderung vor sich. Die Beobachter an Fernrohren mittlern Ranges sahen, wie sich vom Kerne aus nach der Sonne zu eine fächerförmige Ausströmung entwickelte, eine Erscheinung, die im 40-Zöller der Yerkessternwarte von Barnard als die Bildung eines zweiten Kernes, der mit dem hellern Hauptkerne durch eine Nebelbrücke verbunden war, erkannt wurde. Die Entfernung beider Kerne maß Barnard am 24. März zu 4.7″, am 31. März zu 5.7″; etwaige spätere Messungen sind noch nicht bekannt gegeben. Nach Mitte Mai zeigte sich der Komet im Straßburger Refraktor wieder, wie früher, rundlich mit zentralem Kerne.

Da das Perihel bei der Entdeckung schon seit fünf Monaten verflossen war, war die Helligkeit in steter, wenn auch langsamer Abnahme begriffen. Wirtz in Straßburg schätzte den Kometen Mai 10 nur noch zur 12.5, Juni 12 zu 13.5 Größe, die letzte Beobachtung erfolgte Juni 22 auf der Licksternwarte.

Nach einer Ephemeride von Ebell hat nachträglich Wolf in Heidelberg den Kometen auf einer Platte 1905 Januar 14, also 413 Tage vor der Entdeckung, als ein Objekt 12. Größe aufgefunden. E. Weiß hat die Sternwarten aufgefordert, auch noch in den nächsten Monaten, Februar bis April 1907, nach dem Kometen zu suchen. Leider wird die südliche Deklination, —21°, etwaige photographische Aufnahmen, wenigstens in Europa, sehr erschweren.

Aus den Beobachtungen 1905 Januar 14, 1906 März 16, April 14 und Mai 27 hat E. Weiß die folgende Parabel gerechnet:

$$\begin{array}{l} T = 1905 \text{ Okt. } 18.0347 \text{ m. Z. B.} \\ \left.\begin{array}{l} \omega = 158^\circ\ 39'\ 56.1'' \\ \Omega = 342\ \ 18\ \ \ 2.8 \\ i = \ \ 4\ \ 16\ \ \ 9.7 \end{array}\right\} 1907.0 \\ q = 3.3385. \end{array}$$

Der Komet hat hiernach eine Periheldistanz, die nur von der des Kometen 1729 (mit 4.0) übertroffen wird. Eine Periheldistanz über 2.5 haben bis jetzt überhaupt nur vier Kometen, außer den beiden genannten noch 1904 I mit q = 2.7 und 1903 II mit q = 2.8.

Komet 1906 c (1906 II), entdeckt März 18 von Roß in Melbourne am Abendhimmel als kreisförmiger Nebel 8. Größe von 3′ Durchmesser mit zentraler Verdichtung. Der Komet ging nach

Norden und passierte Ende März den Äquator; die ungünstige Stellung aber zur Sonne in Verbindung mit der durch die Zunahme der Entfernung von Erde und Sonne bedingten raschen Abnahme der Helligkeit gestatteten es nicht, den Kometen über April 3 hinaus zu verfolgen. Die letztern Beobachtungen sind an diesem Tage in Washington und Mt. Hamilton angestellt worden.

Miss Lamson hat aus März 19, 23 und April 2 die folgenden Elemente abgeleitet:

$$\begin{array}{rl} T = & 1906\ \text{Feb.}\ 20.970\,47\ \text{m. Z. B.} \\ \omega = & 276^\circ\ 27'\ 7.1'' \\ \Omega = & 72\ \ 2\ 28.1 \\ i = & 83\ 27\ 32.1 \\ q = & 0.722\,91. \end{array} \Big\} \ 1906.0$$

Finlayscher Komet 1906 d (1906...). Für die vorjährige sehr günstige Erscheinung des Finlayschen Kometen — der Komet näherte sich der Erde bis auf 0.27 und erreichte das 26-fache der Helligkeit zur Zeit der Entdeckung im Jahre 1886 — hatte Schulhof eine Vorausberechnung geliefert.

Nach der Schulhofschen Ephemeride wurde der Komet photographisch am 16. und nachträglich noch auf einer Platte vom 14. Juli 1906 von Kopff in Heidelberg in ziemlich beträchtlicher Entfernung von dem berechneten Orte, die weit über die geschätzte Unsicherheit hinausging, aufgefunden. Das Perihel fand 1.05 Tage später statt, als erwartet worden war, und es ist dem Berechner zunächst nicht möglich gewesen, einen Grund für diese Abweichung anzugeben. Eine oberflächliche Revision der Störungsrechnung hat keine wesentlichen Fehler ergeben, und es hat daher fast den Anschein, als ob irgend eine Unregelmäßigkeit im Laufe des Kometen stattgefunden hätte.

In seiner Helligkeit hat der Komet den Erwartungen entsprochen, die man an die günstige Opposition stellen durfte. Anfangs 9. Größe, nahm er Mitte August an Helligkeit zu, ohne aber jemals dem bloßen Auge sichtbar zu werden. Nach dieser Zeit zeigte sich eine langsame, stetige Abnahme, die nicht erlaubte, den Kometen in mittlern Fernrohren über Mitte November hinaus, als er die 13. Größenklasse erreicht hatte, zu verfolgen. Wie weit die Sichtbarkeit in großen Fernrohren sich erstreckt hat, ist zurzeit noch nicht bekannt geworden. Nach Analogie der Helligkeit in der ersten Erscheinung 1886 bis 1887 sollte man glauben, daß noch bis Ende März 1907 Beobachtungen möglich sein würden.

Was das Aussehen betrifft, so ist der Komet bis Ende August ein verwaschener runder Nebel von 12′ Durchmesser mit einer schwach angedeuteten, kernartigen Verdichtung gewesen; ein Schweif war nicht zu erkennen.

Komet 1906 e (1906...) (Kopff), photographisch aufgefunden von Kopff in Heidelberg am 22. August. Später fand ihn der Ent-

decker auch noch auf einer Platte vom 20. August. Anfangs glich der Komet einem runden Nebel 11. bis 12. Größe mit einem Durchmesser von $1^1/_2'$ und einem Kernchen 13. Größe. Die Helligkeit nahm aber ziemlich rasch ab, so daß die Beobachtungen in mittlern Fernrohren schon mit Oktober 22 Straßburg — Wirtz schätzte die Helligkeit an diesem Tage zu 13.5 Größe — ihr Ende gefunden haben. Spätere visuelle Beobachtungen mit großen Refraktoren sind bisher nicht bekannt geworden; es ist aber bemerkenswert und zeugt für die große Lichtkraft des neuen 28-zolligen Reflektors auf dem Königstuhl, daß Wolf mit diesem Instrumente den Kometen noch am 15. und 16. Dezember 1906 als Objekt 16. Größe photographieren konnte.

Aus 1906 August 23, 31 und September 12 hat Ebell die elliptischen Bahnelemente abgeleitet (wonach die Umlaufszeit 6.62 Jahre beträgt).

Ferner liegen noch Elemente von Crawford und Champreux vor, die aus fast gleicher Zwischenzeit eine Umlaufszeit von 6.67 Jahren ergeben. Der Komet ist hiernach als ein weiteres Glied der Klasse der periodischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit zu betrachten.

Holmesscher Komet 1906 f (1906 III). Die Vorausberechnung der vorjährigen Erscheinung des Holmesschen Kometen ergab als Zeit des Periheldurchganges März 14. 22 B.

Der Komet wurde auf Grund der Vorausberechnung von Zwiers 1906 August 28 von Wolf in Heidelberg photographisch als ein Objekt 15. bis 16. Größe aufgefunden. Der Fehler der Ephemeride betrug nur $+6.9^s + 27''$, entsprechend einer Korrektion der Perihelzeit von —0.09 Tagen. Die auf zwei Erscheinungen gegründete Vorausberechnung hat sich also als außerordentlich exakt erwiesen. Wolf hat den Kometen außer am Entdeckungstage noch dreimal aufgenommen, September 25, Oktober 10 und Dezember 7. Der theoretischen Helligkeit entsprechend, war er an den beiden ersten genannten Tagen etwas heller als am 28. August, nämlich 15. Größe, während er Dezember 7 wieder zur 16. Größenklasse hinabgesunken war. Außer diesen vier Aufnahmen sind keine Beobachtungen bekannt geworden. In Straßburg war der Komet zur Zeit der größten theoretischen Helligkeit, Oktober 22, unsichtbar; Mitteilungen, ob dies auch in den großen Refraktoren der Fall gewesen ist, liegen zurzeit noch nicht vor. Der Komet war theoretisch ein wenig heller als zu der Zeit, wo ihn Perrine 1899 auf der Lickternwarte auffand; wenn er also tatsächlich diesmal auch in den großen Fernrohren nicht sichtbar gewesen sein sollte, würde dies auf eine weitere beträchtliche Schwächung des Eigenlichtes des Kometen hindeuten.

Komet 1906 g (1906...), entdeckt von H. Thiele in Kopenhagen 1906 November 10 in 9^h und $+12°$. Der Komet war ein runder Nebel 8. bis 9. Größe, von 4′ Durchmesser mit einer Verdichtung 10. Größe in der Mitte. Da das Perihel am 21., und die größte Erd-

nähe erst am 28. November stattfand, nahm der Komet zunächst noch an Helligkeit zu; am 17. November wurde er von Nijland im Opernglase zu 7.7m geschätzt. Von Mitte Dezember an beginnt eine ziemlich rasche Lichtabnahme.

Dybeck hat aus November 19, Dezember 17 und Januar 14 die folgende Parabel gerechnet:

$$\begin{aligned} T &= 1906\ \text{Nov.}\ 21.337\,09\ \text{m. Z. B.} \\ \omega &= 8^\circ\ 42'\ 44.0'' \\ \Omega &= 84\ \ 56\ \ 20.8 \\ i &= 56\ \ 33\ \ 39.0 \\ q &= 1.2145. \end{aligned} \quad \Big\} \ 1907.0$$

Die Elemente lassen im mittlern Orte einen ziemlich beträchtlichen Fehler übrig, und es kann zurzeit noch nicht gesagt werden, ob dieser von einer Ungenauigkeit in den Beobachtungen oder von der Abweichung der Bahn von einer Parabel herrührt.

Komet 1906 h (1906...) (Metcalf), entdeckt photographisch von Metcalf in Taunton, Mass., am 14. November 1906. Der Komet war anfangs ein runder Nebel 11. bis 12. Größe von ca. 2′ Durchmesser mit einer deutlichen Verdichtung in der Mitte, nahm dann aber zufolge der zunehmenden Entfernung von Erde und Sonne rasch an Helligkeit ab, so daß er von Wirtz in Straßburg am 18. Dezember nur mehr zu 13. Größe geschätzt wurde. Weiter haben sich die Beobachtungen in Straßburg nicht erstreckt; ob der Komet an andern Sternwarten, vorzüglich an solchen mit großen Fernrohren, noch länger beobachtet ist, steht zurzeit noch nicht fest.

Am 22. November fand Esclangon in Bordeaux in einiger Entfernung vom Kometen zwei, am 23. November nicht mehr sichtbare nebelartige Objekte, die möglicherweise Begleiter des Kometen gewesen sind, aber auch, wie Esclangon selbst hervorhebt, dem vorübergehenden Eindringen von Wasser zwischen die Gläser des Objektivs ihren Ursprung verdanken können. An andern Orten ist diese Erscheinung nicht gesehen worden.

Der Komet gehört ebenso wie 1906 e zu der Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit. Die von Crawford aus den Beobachtungen November 17, Dezember 5 und 18 abgeleiteten Elemente ergaben die Umlaufszeit zu 8.24 Jahren.

Die Bahn des Kometen 1905 IV. Hierüber hat Hofrat E. Weiß der k. k. Akademie in Wien eine Abhandlung überreicht. Er bemerkt dazu: Der am 3. Mai 1906 von Dr. A. Kopff in Heidelberg auf photographischem Wege entdeckte Komet, welcher damals bereits fünf Monate sein Perihel passiert hatte, wurde nachträglich auch auf einer Platte aufgefunden, die Prof. M. Wolf am 14. Januar 1905 aufgenommen hatte. Dieser Umstand, verbunden mit der großen Periheldistanz des Kometen, mit Ausnahme der des Kometen von 1729, der größten der bisher bekannten, läßt es nicht als ganz aussichtslos er-

scheinen, daß er, wenn er vor seiner nächsten Opposition im Mai 1907 stationär werden wird, nochmals wird gesehen werden können. Prof. Weiß berechnete daher aus der Aufnahme vom 14. Januar 1905 und drei Normalorten, die aus Beobachtungen zwischen dem 3. und 9. März, 11. und 17. April und 23. und 31. Mai gebildet wurden, die nachstehenden Bahnelemente:

Zeit des Perihels . .	(T) =	1905 Okt.	18.0347	m. B. Z.		
Perihel vom Knoten	(ω) =	158°	39′	56.1″	}	
Aufsteigender Knoten	(Ω) =	342	18	2.8	}	m. Äq. 1907.0
Neigung der Bahn. .	(i) =	4	16	9.7	}	
Periheldistanz. . . .	(q) =	3.3385,				

welche die vier Orte gut darstellen.

Anfang März 1906 zeigte der Komet einen sternartigen Kern 10. bis 11. Größe mit einem kurzen, etwa $^1/_2{}^\circ$ langen Schweif und hatte eine so große Gesamthelligkeit, daß er auch bei Vollmond beobachtet werden konnte. Ende Mai war er auf die 12. bis 13. Größe herabgesunken und auch in lichtstarken Fernrohren nur noch mit Mühe zu pointieren, wobei allerdings bemerkt werden muß, daß er nur mehr am dämmerigen Abendhimmel beobachtet werden konnte. Auf der Platte vom 14. Januar 1905 erschien er als 12. Größe.

Die vorwiegende Bahnform der Kometen. Wenn ein Komet neu aufgefunden ist und einige Tage hindurch beobachtet werden konnte, so werden die ersten Bahnberechnungen unter der Voraussetzung ausgeführt, daß dieser Komet in einer parabolischen Bahn um die Sonne läuft. Diese Voraussetzung ist zulässig, weil die elliptischen Bahnen der in solchen einhergehenden Kometen fast immer so langgestreckt sind, eine so große Exzentrizität besitzen, daß sie auf einer kleinen Strecke in der Sonnennähe sich nur sehr wenig von einer parabolischen Bahn unterscheiden, und die Berechnung einer parabolischen Bahn einfacher und für die nächsten Zwecke genügend ist. Erst wenn zahlreiche und über einen größern Bahnteil sich erstreckende Beobachtungen vorliegen, kann der Berechner dazu übergehen, zu erforschen, ob dieser Bahnteil wirklich parabolisch ist oder nicht vielmehr einer Ellipse angehört, und er kann im letzten Falle deren Exzentrizität berechnen. Professor A. O. Leuschner hat nun eine Untersuchung darüber angestellt, wie sich vor und nach 1755 die Anzahl der Kometenbahnen, für die eine bestimmte Exzentrizität in Teilen der halben großen Achse berechnet wurde, zu derjenigen verhält, bei denen die Berechner bei einer Parabel stehen blieben.[1])

Bei einer endgültigen Berechnung einer Kometenbahn, sagt er, ergibt sich in manchen Fällen, daß eine sehr langgestreckte, große Ellipse (mit entsprechend großer Umlaufszeit des Kometen) den

[1]) Publ. Astr. Society of the Pacific. Nr. 113.

Beobachtungen ebenso gut entspricht, als eine Parabel. Gewöhnlich wird dann aber die elliptische Bahn zurückgestellt mit der Bemerkung, es sei kein Grund vorhanden anzunehmen, der Komet bewege sich nicht in einer Parabel. Es würde aber, sagt Leuschner, richtig sein, in solchen Fällen zu sagen, es sei kein Grund zu der Annahme, der Komet bewege sich in einer parabolischen Bahn.

Prof. Leuschner hat die vorhandenen Kometenverzeichnisse unter dem Gesichtspunkte der Genauigkeit des Beobachtungsmaterials, auf Grund dessen die Bahnberechnungen ausgeführt worden sind, untersucht. Kometen von kurzer Umlaufszeit, die also mehrfach wiedergekehrt sind, wurden nur einmal gezählt und hyperbolische Bahnen ausgeschlossen. Da man im allgemeinen annehmen muß, daß die Beobachtungen aus älterer Zeit, etwa vor 1755, weniger genau sind als die neuern und neuesten, so hat Leuschner die Kometen, deren Bahnen berechnet sind, in drei Gruppen geteilt, nämlich solche aus der Zeit vor bis 1755, solche aus der Periode von 1756 bis 1845 und endlich solche aus der Zeit von 1846 bis 1895. Es fand sich, daß die Berechnungen aus diesen drei Perioden folgendes ergaben:

vor bis 1755	99%	parabolische Bahnen
1756—1845	75 „	„ „
1846—1895	54 „	„ „

Diese Zusammenstellung zeigt, daß mit zunehmender Genauigkeit der Beobachtungen immer weniger Kometen als in parabolischen Bahnen laufend, gefunden wurden, und daß man seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts schließen kann, daß für einen neuentdeckten Kometen die Wahrscheinlichkeit, er bewege sich in einer parabolischen Bahn, nicht größer ist, als die, er laufe in einer Ellipse um die Sonne.

Noch von einem andern Gesichtspunkte aus hat Prof. Leuschner die Bahnformen der Kometen untersucht, nämlich durch Gruppierung gemäß der Dauer der Sichtbarkeit derselben. Er findet:

Sichtbarkeitsdauer		
1—99 Tage	68%	parabolische Bahnen
100—239 „	55 „	„ „
240—511 „	13 „	„ „

Diese kleine Tabelle zeigt mit aller Deutlichkeit, daß, je länger ein Komet beobachtet worden ist, um so häufiger seine Bahnform sich als elliptisch herausgestellt hat. Es ist aber einleuchtend, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die wahre Bahnform eines Kometen um so sicherer erkannt werden kann, durch je längere Zeit er beobachtet worden ist. Es ist, bemerkt Leuschner, hiernach sehr zweifelhaft, ob überhaupt bei einem Kometen, der mehr als 240 Tage hindurch beobachtet worden ist, eine parabolische Bahn definitiv anzunehmen sein wird. Es wäre natürlich für die Untersuchung

noch besser gewesen, wenn statt der Länge der Sichtbarkeitsdauer der einzelnen Kometen, die Winkelausdehnung des Bogens ihrer Bahn um die Sonne hätte herangezogen werden können, indessen für einen rohen Überschlag ist das erste Verfahren immerhin ein genügender Ersatz.

Durch diese Untersuchung, deren Fortführung und Vertiefung Prof. Leuschner in Aussicht stellt, wird die Hypothese, daß die Kometen im allgemeinen dauernde Mitglieder unseres Sonnensystems sind, erheblich unterstützt, und es ist außerordentlich wahrscheinlich, daß fernere Untersuchungen der Kometenbahnen ergeben werden, daß die Parabel darunter nur ausnahmsweise zu finden ist.

Die wahrscheinliche Bahnform der Kometen. Prof. K. Hillebrand (Graz) hat der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien hierüber eine Abhandlung eingereicht.[1])

Er beschäftigt sich darin mit der Frage, nach welcher Seite hin der parabolische Charakter der überwiegenden Mehrzahl der Kometenbahnen zu interpretieren sei.

Man kann einerseits die Annahme interstellaren Ursprunges der Kometen machen und hat dann notwendigerweise zu untersuchen, welche Arten Kegelschnitte bei kleinen Periheldistanzen — und nur um solche kann es sich hier handeln — der Mehrzahl nach auftreten würden. Diese Seite der Frage ist bereits mehrmals untersucht worden, aber, mit einer einzigen Ausnahme, stets ohne Berücksichtigung der Eigenbewegung des Sonnensystems.

Verfasser sucht nun diesem Umstand in strengerer Weise, als es in der einzigen bisher darüber erschienenen Arbeit von Fabry geschehen ist, Rechnung zu tragen und gelangt in Übereinstimmung mit diesem zu dem Schlusse, daß die ausgesprochen hyperbolischen Bahnen in enormer Überzahl auftreten müßten.

Anderseits kann man sich die Frage vorlegen, welche Wahrscheinlichkeit besteht, stark exzentrische elliptische Kometenbahnen von Parabeln unterscheiden zu können, wenn die Apheldistanzen beträchtlich über die mit Sicherheit angebbaren Grenzen der geschlossenen Bahnen unseres Sonnensystems hinausgehen, aber immerhin noch sehr klein gegenüber den Fixsterndistanzen sind.

Hillebrand versucht zum ersten Male, auch diese zweite Seite der Frage in allgemeinerer Weise zu behandeln, und stützt sich dabei auf gewisse Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen bezüglich Kometenannäherungen, sowie auf Betrachtungen über die Abweichungen derartiger Bahnbögen von strengen Parabelbögen.

Er kommt, um die Resultate dieser Untersuchung numerisch zu illustrieren, zu dem Schlusse, daß bei Kometenbahnen, deren Apheldistanz etwa das 70-fache der Neptundistanz betragen, die

[1]) Bericht d. k. k. Akad. 1907. Nr. 16.

Wahrscheinlichkeit des sichern Erkennens der Abweichung von der Parabel kleiner ist als $^1/_{30}$

Aus der Zusammenstellung dieser beiden Untersuchungsresultate kann die eingangs gestellte Frage nur in dem Sinne entschieden werden, daß die Kometen tatsächlich unserm Sonnensysteme angehören, und daß trotz des scheinbar parabolischen Charakters ihr Ursprung in Regionen verlegt werden muß, deren Distanzen doch noch immer sehr klein sind im Vergleiche zu den Entfernungen der nächsten Fixsterne.

Die scheinbare Verlängerung eines Kometenschweifes beim Durchgang der Erde durch die Ebene der Kometenbahn ist von Dr. J. Holetschek untersucht worden.[1]) Derselbe hatte bei seinen Untersuchungen über die Helligkeitsgrade und Schweife der Kometen, einige Fälle gefunden (so insbesondere bei den Kometen 1618 II, 1759 I, 1769) in denen sich die wahre Schweiflänge außerordentlich groß, aber auch sehr unsicher ergibt. Jeder dieser Fälle trifft, wie ihm eine nähere Untersuchung gezeigt, in geradezu überraschender Weise mit der Zeit zusammen, in welcher die Erde nahe an der Ebene der Kometenbahn gewesen ist, und dieser Umstand gibt sofort eine Aufklärung darüber, warum der Schweif gerade bei dieser Stellung der Erde besonders lang gesehen werden kann.

„Da nach unsern Erfahrungen die Schweifteilchen viel mehr in der Bahnebene als in irgend einer andern Richtung verstreut sind — was insbesondere daraus ersehen werden kann, daß der Schweif eines Kometen bei der erwähnten Stellung der Erde niemals gekrümmt, sondern stets schmal und gerade gesehen wird, — so sind bei diesem Stande für einen Beobachter auf der Erde die Partikelchen möglichst gedrängt hintereinander auf eine verhältnismäßig schmale Zone des Himmels projiziert, ihre Helligkeiten summieren sich, und infolge der dadurch verstärkten Flächenhelligkeit des Schweifes ist uns die Möglichkeit gegeben, nicht nur den Schweif überhaupt heller, sondern auch lichtschwache Partien des Schweifes zu sehen, die bei einer andern Stellung der Erde wegen ihrer zu geringen Flächenhelligkeit unsichtbar sind; und so können wir in dieser Stellung namentlich auch die besonders lichtschwachen Partien am Ende des Schweifes wegen ihrer jetzigen Gedrängtheit mehr vereinigt und daher den Schweif länger sehen."

Es liegt nun nahe, zu untersuchen, ob sich außer den zuerst bemerkten noch andere Kometen finden, bei denen sich der Durchgang der Erde durch die Ebene der Kometenbahn durch eine besonders große Schweiflänge verraten hat, und der Verfasser hat dementsprechend auch eine diesbezügliche Kometendurchmusterung vorgenommen, bei welcher sich ergeben hat, daß die erwähnte Ver-

[1]) Anz. d. k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien 1900. p. 437.

längerung eines Kometenschweifes mit Sicherheit zwar nur verhältnismäßig selten beobachtet worden ist, aber immerhin doch so häufig, daß das Phänomen jetzt noch mehr wahrscheinlich ist und auf dasselbe auch in andern Fällen mit Berechtigung aufmerksam gemacht werden darf.

Die Bewegung der Schweifmaterie des Kometen 1903 IV im Raume ist von A. Kopff nach einer von ihm entwickelten Methode untersucht worden.[1]) Die Bewegung, welche das Ende eines losgelösten Schweifstückes auf mehrern photographischen Aufnahmen vom 24. Juli 1903 zeigt, ist von Jaegermann unter der Voraussetzung untersucht worden, daß die Bewegung in der Ebene der Kometenbahn stattgefunden hat. Die Resultate Jaegermanns sind, soweit dies möglich war, direkt übernommen worden. Die Ergebnisse sind insofern als vorläufige zu betrachten, als die zugrunde liegende Kometenbahn die Beobachtungen ungenügend darstellt.

Aus den Rechnungen von Kopff ergibt sich, daß die Bewegung des Schweifendes nicht in der Ebene der Kometenbahn erfolgte. Da es sich bei diesen Beobachtungen nicht um ein Stück des Hauptschweifes, sondern um einen seitlich gelegenen Schweifteil handelt, so ist dieses Resultat durchaus wahrscheinlich. Die von Jaegermann gefundenen Resultate sind daher auch nur als erste Annäherung zu betrachten. Zwar wird die absolute Repulsivkraft der Sonne nur wenig geändert. Man erhält: $1 - \mu = 90.76$. Aber die Bahngeschwindigkeiten werden größer als die von Jaegermann in der Ebene der Kometenbahn hergeleiteten Werte. Man erhält für die in Rechnung gezogenen sechs Beobachtungsmomente folgende Geschwindigkeiten relativ zur Sonne:

(1)	45.69	*km* in der Sekunde
(2)	46.14	„
(3)	47.56	„
(4)	48.85	„
(5)	50.76	„
(6)	51.78	„

Auch die Anfangsbedingungen werden wesentlich andere. Als Größe und Richtung der Geschwindigkeit relativ zur Sonne im Ausströmungsmomente erhält man für den Kometenkern:

$$\log h = 0.159336 \qquad \beta = 144° 7' 39.7'',$$

für das Schweifende:

$$\log h_1 = 0.386652 \qquad \beta_1 = 136° 42' 43.3''.$$

Der Winkel, den die Bahnebene des Kernes und der Schweifmaterie miteinander bilden, ist:

$$\gamma = 7° 2' 53.4''.$$

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4210.

Auf einem an anderer Stelle angegebenen Wege findet Dr. Kopff hieraus für die Anfangsgeschwindigkeit der Schweifmaterie relativ zum Kometenkerne:

$$g = 1.0322 = 30.72\ km,$$

und als Richtung dieser Anfangsgeschwindigkeit:

$$G = -53° 22' 26'' \qquad G' = +11° 27' 6''.$$

Schließlich wurde noch die Lage des losgelösten Schweifstückes im Raume für die Aufnahme von Quénisset berechnet unter der Voraussetzung, daß dieses in derselben Ebene gelegen sei, in der sich das nachfolgende Ende bewegt hat.

Es ergab sich, daß das Schweifende „anomal" gekrümmt war, d. h. daß die konkave Seite des Schweifes vorausging. Dies ist jedoch zweifelhaft, denn es ist, wie Dr. Kopff hervorhebt, auch wahrscheinlich, daß die verschiedenen Teile des Schweifstückes ihre Bahnen in ganz verschiedenen, durch die Sonne gelegten Ebenen beschrieben.

Definitive Bahnbestimmung der Kometenschweifmaterie. Eine allgemein anwendbare Methode zur Berechnung der (gewöhnlich hyperbolischen) Bahn der vom Kerne eines Kometen ausgeströmten Materie hat R. Jaegermann gegeben.[1]) Er hat dieselbe auf die beim Kometen Swift 1892 I an den Tagen des 5. bis 10. April wahrgenommenen Bewegungen der Schweifmaterie angewandt und findet für die definitive Bahn der ganzen Ausströmungswolke eine absolute repulsive Sonnenkraft $1 - \mu = 39.2602$, während für die definitive Bahn eines speziellen Teiles dieser Wolke sich als absolute repulsive Sonnenkraft der Wert $1 - \mu = 35.1347$ ergibt. Schon Bredichin hatte beim Kometen 1893 II einen Wert der repulsiven Kraft $1 - \mu = 36$ gefunden.

Meteore.

Die Bahnen der Meteore vom 18. Januar und 29. Juni 1905. Der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien hat Prof. G. Nießl von Mayendorf (Brünn) eine Untersuchung über die Bahnen der am 18. Januar und 29. Juni 1905 an vielen Orten Österreichs und Süddeutschlands gesehenen Feuerkugeln eingereicht. Dieselbe ergab folgendes:[2])

Die über das Meteor vom 19. Januar 1905, $5^h\ 17^m$ mittlere Brünner Zeit ($4^h\ 11^m$ mittl. Greenw. Zt.) teils bei der k. k. Universitätssternwarte in Wien, teils beim Verfasser eingelangten Nachrichten stammen fast alle aus Orten in ansehnlicher Entfernung vom End-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4217.
[2]) Anz. d. k. k. Akad. in Wien 1907. p. 40.

punkt und exzentrisch im Nordwestquadranten von diesem ziemlich ungünstig verteilt. Die äußere Erscheinung, „mehrfach größer als Venus" bezeichnet und vermutlich durch Dämmerung und Mondlicht beeinträchtigt, war keine sehr bedeutende.

Soweit die Bahn sicher nachgewiesen ist, wurde das Aufleuchten 80 *km* hoch über der Gegend 2 *km* östlich von Neusiedl am See beobachtet. Von hier bewegte sich das Meteor nahezu in südöstlicher Richtung (gegen 46.2° östlich von Süd) in einer 21° gegen den Horizont geneigten Bahn zur Hemmungsstelle, 38 *km* über einem Punkte in 35° 33,2′ östl. von F. und 47° 18.3′ nördl. Breite beim Weiler Imre mjr im Bakonyerwalde.

Der Radiationspunkt wurde aus neun brauchbaren Beobachtungen in 268.8° Rektaszension und 45.8° nördl. Deklination bestimmt. Die geozentrische Geschwindigkeit ergab sich zu 48 *km* und die heliozentrische zu 51.8 *km*, entsprechend einer hyperbolischen Bahn.

Der nachgewiesene Radiant liegt jenem der Meteoriten von Mocs am 3. Februar 1882 und des Meteors vom 7. Februar 1863 nahe. Hinsichtlich des Ausgangspunktes im Weltraume zeigen sich noch weitere Übereinstimmungen innerhalb der wahrscheinlichen Fehlergrenzen.

Die am 29. Juni 1905, um 10^h 52^m mittlerer Dresdener Zeit (9^h 57^m mittl. Greenw. Zt.) beobachtete Feuerkugel war eine sehr großartige Erscheinung, über welche zahlreiche Berichte vorliegen, von denen jedoch nur wenige zur rechnerischen Verwertung geeignet sind. Die überaus günstige Lage der Beobachtungsorte ermöglichte es indessen, auf Grundlage einer Herrn Prof. Dr. Max Toepler in Dresden gelungenen, sehr genauen Beobachtung, in Verbindung mit einigen andern minder bestimmten, die Bahnverhältnisse mit befriedigender Sicherheit abzuleiten.

Das Meteor kam fast genau aus SSE in einer nur 9° gegen den Horizont des Endpunktes geneigten Bahn. Nach der sichersten Angabe wurde es zuerst 62.7 *km* über der Gegend bei Oberdrauburg in Kärnten erblickt. Die Hemmung der planetarischen Bewegung erfolgte 37.4 *km* über 29° 58.5′ östl. von F. und 40° 5′ nördl. Breite östlich von Wasserburg am Inn in Bayern.

Nach der Schätzung in Dresden wurde diese 151 *km* lange Bahn in etwa 2.4 Sek., also mit einer geozentrischen Geschwindigkeit von 62.9 *km* zurückgelegt, welcher eine stark hyperbolische heliozentrische Geschwindigkeit von 67.8 *km* entspricht.

Die scheinbare Größe wurde an Beobachtungsorten in der Nähe des Endpunktes mit jener der Mondscheibe verglichen. Aus Hausham bei Schliersee, in ungefähr 62 *km* Entfernung von der Hemmungsstelle, wurde über Detonationen berichtet, ähnlich zweien in größerer Entfernung rasch nacheinander abgegebenen Kanonenschüssen.

Der scheinbare Radiationspunkt ergab sich in 283° Rektaszension und 30° südlicher Deklination, und es besteht große Wahrscheinlichkeit, daß diese Feuerkugel gemeinsamen kosmischen Ursprung mit den Sternschnuppen der von Schmidt aus Athener Beobachtungen abgeleiteten Radianten in $\alpha = 283°$ $\delta = -27°$ (für Juli 20 bis 31) und $\alpha = 286°$ $\delta = -26°$ (für August 3 bis 31) besitzt.

Der Meteorit von Cañon Diablo. Im mittlern Arizona nahe bei Cañon Diablo fanden 1886 Hirten Eisenstücke, die sich als Meteoreisen erwiesen, welches mikroskopisch kleine Diamanten enthält. Im ganzen wurden nach und nach fast 300 Zentner dieses meteorischen Eisens gefunden, darunter Bruchstücke von 6 bis 9 Zentnern an Gewicht. Ungefähr 4 *km* von dieser Gegend entfernt liegt ein 50 *m* hoher Hügel, der einen Krater zeigt, welcher etwa 180 *m* tief ist, dessen Boden also 130 *m* unter die umgebende Oberfläche hinabreicht. Der Durchmesser des Kraters beträgt 1200 *m*. Rings um diesen Krater finden sich bis zu Entfernungen von 5 *km* Sandsteinblöcke, und zwar die größten in der unmittelbaren Umgebung des Kraters, kleinere in größern Entfernungen. Zur Erklärung dieses Vorkommens hat G. Karl Gilbert 1891 die Hypothese aufgestellt, daß ein Eisenmeteorit von vielleicht 500 *m* Durchmesser vorzeiten an dem Orte des Hügels zur Erde gefallen sei und beim Auffallen die Kratervertiefung erzeugt habe. Später kam Gilbert von seiner Hypothese zurück und erklärte in Übereinstimmung mit William D. Johnson die Bildung des Kraters durch eine Dampfexplosion. Später haben D. M. Barringer und B. G. Tilghman weitere Untersuchungen an dem Hügel ausgeführt und sind dadurch wieder auf die ursprüngliche Gilbertsche Hypothese zurückgeführt worden. Sie kommen zu dem Schlusse, daß der Krater durch den Herabsturz eines ungeheuern Meteoriten entstanden sein müsse. Nach ihnen ist das Problem jetzt durch L. Fletcher zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht worden, und er kommt zu dem Ergebnisse, die Möglichkeit der Kraterbildung durch Herabsturz eines Meteoriten sei theoretisch nicht zu bestreiten.[1])

Gestalt und Oberfläche der Meteoriten besprach Prof. Berwerth auf der Versammlung der deutschen Naturforscher 1907 in Dresden. Nach ihm erweisen sich diese alle als Bruchstücke, was schon vor 100 Jahren erkannt wurde. Trotzdem ist immer nach einer Grundform gesucht worden. Czermak hat am entschiedensten betont, daß die äußere Form eine zufällige, keine gesetzmäßige ist. Die wahre Gestalt der Meteoriten hat noch niemand gesehen, immer ist sie, wenn wir sie zu Gesicht bekommen, durch Abschmelzung gemodelt. Die starke Hitze von etwa 1600°, welche die Meteoriten

[1]) Nature 1906. p. 490.

bei ihrem Fluge durchmachen, überzieht sie mit der bekannten Schmelzrinde. Obwohl jeder Meteorit unter den gleichen Verhältnissen zur Erde fällt, kommen sie dennoch in sehr verschiedener Form an. Der Gegensatz zwischen der mitgebrachten Kälte des Weltraumes und der Erhitzung der äußern Schichten erzeugt Sprengungen, die natürlich je nach der Art der Zusammensetzung des Meteoriten ganz verschieden werden. Während durch Abschmelzung runde Kanten entstehen, bilden sich durch Absprengung scharfe und eckige. In dem Zersprengungsvorgange kann man auch die Ursache erblicken, daß keine hausgroßen Meteoriten zu uns kommen, sondern nur verhältnismäßig kleine. Die größten unter ihnen sind die Eisenmeteorite, die schon durch ihre Zusammensetzung nicht in gleichem Maße wie die andern der Zersplitterung unterliegen.

Meteoreisen und Stahl. Auf der Versammlung des Iron and Steel Institut zu Wien am 24. September 1907 hielt Prof. F. Berwerth (Wien) hierüber einen bemerkenswerten Vortrag. Nach den neuesten Untersuchungen des Meteoreisens kann dieses in die Kategorie des Stahles eingereiht werden; der Hauptunterschied besteht darin, daß die künstlich hergestellten Stahlsorten in der Hauptsache Eisenkohlenstofflegierungen sind, das Meteoreisen dagegen eine Eisennickellegierung mit meteoritischem Kohlenstoffe ist. Während man die Kohlenstoffstähle gemäß ihrer außerordentlich großen technischen Bedeutung sehr eingehend studiert hat, hat man dem Nickelstahl, der aber gerade für den Meteoritenforscher von Wichtigkeit ist, erst in jüngster Zeit seitens der Hüttenleute mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Aber auch gewisse Untersuchungen an gewöhnlichem Stahle sind für die Meteoritenforschung von großer Bedeutung. Hierzu gehören die Arbeiten von Prof. Arnold und Mc Williams, welche gezeigt haben, daß in Stahl mit 0.39% Kohlenstoff die bekannten Widmanstättenschen Figuren, die früher als wesentliche Charaktereigenschaft des meteorischen Ursprunges gegolten haben, durch Abwechslung von Ferrit und Perlit gebildet werden können, und daß dieselben verschwinden, wenn das Metall bis auf 950° erhitzt und langsam abgekühlt wird. Es ergibt sich somit eine vollständige Übereinstimmung in der Struktur mit dem oktaedrischen Meteoreisen, dessen Verhalten beim starken Erhitzen Prof. Berwerth schon vor der Publikation der oben genannten Arbeit von Arnold und Mc Williams untersucht hatte. In einem andern Falle haben Osmond und Cartaud bei ihren Untersuchungen der Meteoreisen von La Caille und Timbuktu gefunden, daß sich für das Verhalten der Meteoreisen ein Diagramm konstruieren läßt, das demjenigen ähnlich ist, welches durch Erhitzen von künstlichen Nickellegierungen erhalten wird, allerdings mit dem Unterschiede, daß die unendlich langsamere Abkühlung des erstern, die unter terrestrischen Bedingungen nicht nachgeahmt werden kann, vollkommene Stabilität

bei den natürlichen Nickellegierungen erzeugt hat, während die künstlich hergestellten nur als metastabil betrachtet werden können. Osmond hatte schon früher gezeigt, daß bei langsamer Abkühlung Eisen von oktaedrischer Struktur gebildet wird, wo der Perlit die Zwischenräume zwischen den Ferritblättchen ausfüllt, sowie der Plessit zwischen den Kamazitstreifen im Meteoreisen auftritt, ferner daß Martensit ein oktaedrisches Gefüge im Perlit zeigt, das dem des Plessits im Meteoreisen sehr ähnlich ist. Nach allem ist zu hoffen, daß es durch geeignete Wahl und Behandlung des Materials gelingen werde, die Struktur des Meteoreisens auch bei den aus dem Stahlschmelztiegel gewonnenen Produkten zu erzielen. Die Vereinigung von größerer Härte mit außerordentlicher Zähigkeit, welche das Zerschneiden des Meteoreisens sehr erschwert, ist in der Hauptsache auf sein netzförmiges Gefüge zurückzuführen; könnte man auch bei dem künstlichen Nickelstahle dieses Gefüge nachahmen, so wäre ein Mittel gegeben, die Festigkeit und Dauerhaftigkeit dieses Materials zu erhöhen. Schon zu Zeiten, wo man noch nichts von dem Gefüge des Stahles wußte, bildete ein bestimmtes Meteoreisen, nämlich jenes von Solo in Zentraljava, den Ausgangspunkt für die Herstellung eines Spezialstahles für Damaszener Klingen. Prof. Berwerth besprach auch die bekannte Wiener Meteoritensammlung, die schon für die Forschungen von Chladni, Haidinger, Reichenbach, Tschermak, Cohen und Brezina das Material geliefert hat. Zurzeit sind Meteoriten von 615 verschiedenen Orten in der Wiener Sammlung vereinigt, und zwar in 2075 Stücken, deren Gesamtgewicht 3 463 299 *g* (fast $3^1/_2$ *t*) beträgt. Darunter befinden sich 232 Eisenmeteoriten im Gewicht von 2 677 899 *g*. Die wichtigsten Bestandteile des Meteoreisens sind: 1. Kamazit, 2. Tänit, 3. Plessit, 4. Cohenit (Fe_3C oder Zementit), 5. Schreibersit (Nickeleisenphosphid), 6. Troilit (FeS), 7. Diamant, 8. Cliftonit (Graphit nach Diamant), 9. Graphit oder amorpher Kohlenstoff, 10. Daubreelit ($FeSCr_3S_2$), 11. Cristobalit (kubische Kieselsäure), 12. Olivin, 13. Enstatit, 14. Bronzit, 15. Diopsid und 16. Weinbergerit ($NaAlSi + FeSiO_3$).[1])

Fixsterne.

Abgekürzte Bezeichnungen für Sternkataloge. Einer Anregung von Prof. Kreutz nachkommend, hat Prof. A. Auwers kurze Bezeichnungen für die wichtigern und häufiger zitierten Sternkataloge gegeben und zusammengestellt. Diese Abkürzungen werden in der von der Berliner Akademie der Wissenschaften ins Leben gerufenen sogenannten „Geschichte des Fixsternhimmels" durchgängig angewandt. Über die Grundsätze der Benennungen verbreitet sich

[1]) Chemiker Ztg., Cöthen 1907. Nr. 83.

Prof. Auwers ausführlich[1]), worauf hier verwiesen werden muß. In folgendem ist dagegen ausführlich mitgeteilt die

Liste der Kataloge und ihre Bezeichnungen.

Flamsteed	1690	B Fl	Ausgabe von Baily.
Bradley	1745	Br I	Katalog von etwa 4500 Sternen nach den Beobachtungen 1743 bis 1750 (in Bearbeit.).
Lacaille	1750	Lac F	Katalog von 398 Hauptsternen, Bailys Ausgabe mem. R. A. S. V.
„	1750	Lac Pow	Hauptsterne, Reduktion von Powalky Rep. Coast Survey 1882.
„	1750	Lac D	Hauptsterne, Reduktion von Dowing, Mo. Not. vol. 48.
„	1750	C A	Lacailles Katalog von 1942 Sternen aus den Kapzonen im Coelum Australe Stelliferum.
„	1750	Lac	Hendersons Katalog nach den Kapzonen.
Bradley	1755	Br	Neue Bearbeitung (Bessels Katalog: Fund).
„	1755	Br S	Deklinationen nach Sektorbeobachtungen von Bradley und Maskelyne 1727 bis 1786, „Neue Bearbeitung“. Bd. I, S. 414 bis 420.
Tob. Mayer	1755	T M	Neue Bearbeitung (Mayers eigener Katalog für 1756: M).
Lacaille	1765	Lac Zod	Katalog von 515 Zodiakalsternen, Eph. Mouv. cél. T. VI.
Greenwich	1770	Mask H	Hertzsprungs Reduktion der teleskopischen 1765 bis 1787 beobachteten Sterne.
Lalande	1790	Fed	Fedorenkos Katalog nach den nördlichen Zonen, Mém. Par. 1789, 1790.
D'Agelet	1800	D'Ag	Goulds Bearbeitung der Beobachtungen 1783 bis 1785.
Zach	1800	Zach	Katalog von 381 Hauptsternen.
„	1800	Zach Z	Katalog von 1830 Zodiakalsternen (Deklinationen von Barry).
Lalande	1800	H C	Zonen der Histoire Céleste.
„	1800	Lal	Bailys Katalog.
„	1800	L BO	Bosserts Supplément à l'Hist. Cél. und Katalog von 3950 Sternen.
Piazzi	1800	Pi	Zweite Katalogausgabe, 1814.
Barry	1805	Ba V	Valentiners Bearbeitung der Beobachtungen am Passageinstrument 1805.
Groombridge	1810	Grb	Neue Bearbeitung von Thackeray.
Struve	1815	Str I	Struves Kataloge, Obs. Dorpat., Vol. I[1].
„	1814	Str II	
Pond	1815	Po A	Katalog von 570 Sternen nach Beobachtungen 1811 bis 1819, Abh. Berl. Ak. 1901.
Bessel	1815	Be C	Cohns Katalog nach den Beobachtungen 1813 bis 1819.
Kmeth	1819	Km	Ofener Rektaszensionen von 147 Sternen.
Cacciatore	1820	Cacc	Auszug aus einem Nachtrage zur Storia celeste, R. Oss. di Palermo Libro IX.
Fallows	1824	Fa	273 Hauptsterne, Phil. Trans. 1824.
Paramatta	1825	Brb	Brisbane Catalogue.
Bessel	1825	BZ	Bessels Zonen.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4176.

Bessel	1825	W	Weißes erster Katalog, Bessels Zonen +15° bis −15°.
„	1825	W_2	Weißes zweiter Katalog, Bessels Zonen +15 bis +45°.
Anger	1825	KZA	Königsberger Zonen von Anger, Katalog, Abh. Berl. Akad. 1903.
Rümker	1827	Rü P	„Preliminary Catalogue", nach Beobachtungen in Paramatta 1826 bis 1828.
Schwerd	1828	Schw	Oeltzens Katalog, Denkschr. Wien. Akad. 1856.
Argelander	1830	C Ab	Aboer Katalog.
Struve	1830	Str PM	Positiones mediae; meist wird die kürzere Bezeichnung PM genügen.
Pond	1830	Po 720	Katalog von 720 Sternen im Anhange zu Greenw. Obs. 1829.
„	1830	Po	Catalogue of 1112 stars.
Fallows	1830	Fa_2	Airys Katalog nach den Kapbeobachtungen 1829 bis 1831, Mem. R. A. S., vol. XIX.
Johnson	1830	J SH	Katalog von St. Helena.
Airy	1830	Ca_1	First Cambridge Catalogue, Mem. R. A. S., XI.
Wrottesley	1830	Wro	Katalog von 1318 Sternen, Mem. R. A. S., X.
„	1830	Wro S	Supplement zum vorigen, Mem. R. A. S., XII.
Pearson	1830	Pea	Katalog von 520 Ekliptikalsternen, Mem. R. A. S., XV.
Henderson	1833	Hen	Örter von 174 Hauptsternen nach Beob. am Kap 1832 bis 1833, Mem. R. A. S., X, XV.
Taylor	1835	Tay D	Neue Ausgabe von Downing (Taylors eigener General Catalogue: T).
Königsberg	1835	K Zod	750 Zodiakalsterne, beobachtet 1820 bis 1859, Katalog Kön. Astr. Beob. 37, II.
Montojo	1835	Mont	Katalog, Mem. R. A. S., XII.
Rümker	1836	Rü	„Mittlere Örter von 12 000 Fixsternen".
Brüssel	1838	Brü 38	Rektaszensionen von 666 Sternen, beobachtet 1837 bis 1839, Ann. Obs. Brux., VIII
Köller	1838	Köll	Katalog Mem. R. A. S., XII.
Edinburgh	1840	Ed	Halm, Katalog nach den Beobachtungen 1834 bis 1845.
Robinson	1840	Rob	Armagh Katalog von 5345 Sternen.
Kap	1840	Cp 40	Katalog aus den Beobachtungen unter Maclears Direktion 1834 bis 1840.
Gilliss	1840	Gi W	Rektaszensionen von 1248 Sternen nach Beobachtungen in Washington 1838 bis 1842.
Santini	1840	San_1	Generalkatalog 0 bis +10°, Mem. R. A. S., XII, 6 Spezialkataloge, Nuovi Saggi Acc. Pad. V.
„	1840	San_2	Fünf 2°-Kataloge für die Zone 0 bis −11°, Nuovi Saggi Acc. Pad. VI.
Bianchi	1840.473	Bi 40	Katalog von 220 Sternen, Mem. Soc. Ital., XXIII.
Greenwich	1840 }	12 y	Die zwei Abteilungen erforderlichenfalls zu unterscheiden durch Zusatz 40 oder 45.
„	1845 }		
Argelander	1842	AZ	Argelanders nördliche Zonen (+45 bis +80°)
„	1842	AOe	Oeltzens Katalog, Ann. Sternw. Wien, III. Folge 1,2.
Oxford	1845	RC	Radcliffe Catalogue.

Pulkowa	1845	Pu_1	Hauptsterne; RA. Obs. Poulk., vol. I, Decl. Supplément à l'Introduction au vol. IV.
„	1845	Pu_1o	Gelegentlich am Passagensinstrumente oder Vertikalkreise beobachtete Sterne, RA. Obs. Poulk., vol. III, Decl. Supplém. Intr., vol. IV.
Paris	1845	Par_1	Catalogue de l'Observatoire de Paris, Örter für 1845 nach Beobachtungen 1837 bis 1853.
Taylor	1845	Tay_2	Zwei Kataloge als Anhänge zu Madras Obs. 1843 bis 1847.
Maclear	1845	Cap S	Dekl. von 105 Sternen nach Sektorbeobachtungen der Maclearschen Gradmessung.
Oudemans	1849	Ou	Deklinationen von 101 Leidener Zenitalsternen (Diss. astr. inaug.).
Wagner	1849	Do 49	Rektaszensionen von 305 Sternen nach Beobachtungen am Passageninstrumente 1849 bis 1850, Dorp. Beob., XIV. (Katalog von Dr. Ristenpart neu aufgestellt.)
Dorpat	1850	Do 50	Örter von 265 Sternen nach Beobachtungen am Meridiankreise 1847 bis 1850, in Bd. XVI der Dorpater Beob. unter d. „Grundlagen" des Mädlerschen Kataloges aufgeführt.
Greenwich	1850	6 y	Six-year Catalogue, Greenwicher Beobachtungen 1848 bis 1853.
Kap	1850	Cp 50	Schluß der Maclearschen Beobachtungen an den alten Instrumenten 1849 bis 1852.
Gilliss	1850	Gi Sj	Katalog von 1963 in Santiago 1849 bis 1852 beob. Sternen (App. I, Wash. Obs. 1868).
„	1850	GiZ	Katalog von 16 748 Sternen nach den Zonenbeobachtungen in Santiago zwischen −62° und dem Südpole (App. I, Wash. Obs. 1890).
Washington	1850	WaZ	Washingtoner Zonen, 1846 bis 1849, und unveröffentlichte Fortsetzung bis 1852.
Argelander	1850	AZ	Argelanders südliche Zonen, −15 bis −31°.
„	1850	AW	Weiß' Katalog Ann. Sternw. Wien (Währing) Suppl.-Bd. I. — Bezeichnung für den durch diese neue Bearbeitung ersetzten Oeltzenschen Katalog in Sitzber. Wiener Akad. 1857, 1858: AOe_2.
Rümker	1850	$Rü_2$	„Neue Folge der mittlern Örter", Stunden 0^h bis 6^h.
München	1850	Lam	Generalkatalog von 2112 außerhalb der Zonen 1821 bis 1868 beobachteten kleinern Sternen, Ann. Münch. Sternw., XX.
Jacob	1850	Jac	Zwei Kataloge (97 Hauptsterne, und Subsidiary Catalogue von 1440 Sternen) in Madras, Obs. 1848 bis 1852.
Genf	1850	GfW	Generalkatalog von Weiß, nach den Genfer Jahreskatalogen 1841 bis 1858 zusammengestellt (Manuskr.).
Wrottesley	1850	Wro_2	RA. von 1009 Sternen, Mem. R. A. S. XXIII.
Thompson	1850	$Durh_1$	Kataloge in den zwei Heften der Durhamer
Carrington	1850, 51	$Durh_2$	Results of Astron. Obs., 1846 bis 1848 und 1849 bis 1852.
Tacchini	1850	Ta H	Hagens Katalog, Publ. Washb. Obs., III, nach Tacchinis Beobachtungen in Palermo 1867 bis 1869.

Argelander	1855 1850 1855	BoVI	Drei Verzeichnisse in Band VI der Bonner Beobachtungen: Ortsbestimmungen von Argelander 1845 bis 1867 im Bereiche der Bonner Durchmusterung $-2°$ bis $+90°$; von Argelander und Schmidt im Bereiche der Argelanderschen südlichen Zonen; von Argelander in der zwischenliegenden Zone -2 bis $-14° 40'$.
Pulkowa	1855	Pu M	Katalog von 3542 durch Beobachtungen am Meridiankreise 1840 bis 1869 an die „Pulkowaer Hauptsterne" angeschlossenen hellern Sternen (Obs. de Poulk. vol. VIII, sect. I).
„	1855	Pu M o	Katalog von 1404 gelegentlich am Mer.-Kr. mitbeob. Sternen (Obs. vol. VIII, sect. III)
„	1855	Pu M F	Dekl. der Hauptsterne nach den Meridiankreis-Beob. 1840 bis 1869 (Obs. vol. VIII append.).
„	1856	Pu 56	Rektaszensionen von 129 Zeitsternen für Chronometerexpeditionen, 1855 bis 1856 am Passageninstrumente beobachtet (Bull. Acad. St. Pét., XVII).
Drachussoff	1855	Mo Dr	Katalog von Sokoloff Ann. Obs. Mosc., vol. VI, 2.
Carrington	1855	Carr	Zirkumpolarkatalog von Redhill.
Jacob	1855	Jac_2	Katalog von 317 Sternen, beobachtet in Madras 1853 bis 1857 (Mem. R. A. S., XXVIII).
Moesta	1855	Moe	Obs. Santiago 1853 bis 1855.
„	1860	Moe_2	Obs. Santiago 1856 bis 1860.
Sydney	1859-62	Sco	Vier Jahreskataloge von Scott.
Williamstown	1860	Will	Katalog nach den Beobachtungen der nachher nach Melbourne verlegten Sternwarte.
Kap	1860	Cp 60	Maclears erste Reihe vom Meridiankreis, 1856 bis 1861.
Greenwich	1860	7 y	Seven-year Catalogue, Beobachtungen 1854 bis 1860.
Oxford	1860	RC_2	Second Radcliffe Catalogue.
Washington	1860	Ya	Dritte Ausgabe des Yarnallschen Kataloges der 1845 bis 1873 beobachteten Sterne (App. I, Wash. Obs. 1874; die ältern Ausgaben: Ya_1, Ya_2).
Moskau	1860	Mo Z	Moskauer Zonen 1858 bis 1869, I. Abt., 0 bis bis $+4°$, bearbeitet von Romberg und Seyboth (Mém. Ac. St. Pét. Sér. VIII, vol. I).
Göttingen	1860	Au	Rektaszensionen von 792 Sternen, beobachtet 1858 bis 1859 (Nachr. Gött. Ges. d. Wiss. 1901).
„	1860	Kli	Klinkerfues' Zonen (1858 bis 1863), bearb. von Schur.
Santini	1860	San_3	Zone -10 bis $-12° 30'$ (Mem. Ist. Ven. VII).
Trettenero	1860	San_4	Zone $-12° 30'$ bis $-15°$ (Mem. Ist. Ven. X).
„	1860	San_5	Rev. d. Zone 0 bis $-3°$ (Mem. Ist. Ven. XV). Letztere beiden als Fortsetzungen der Arbeit Santinis noch nach diesem Autor bezeichnet.
Capelli	1860	Ml Ca	661 Sterne der Zone $-15°$ bis $-25°$, beob. in Mailand 1852 bis 1856, Eff. Mil. 1865.

Paris	1860	Par_2	Cat. de l'Obs. de Paris, Örter für 1860 aus Beobachtungen 1854 bis 1867.
Pulkowa	1862	Oom	99 Pulkowaer Zenitalsterne, im I. Vertikal beobachtet (Obs. Poulk. III).
Greenwich	1864	N 7 y	New Seven-year Catalogue, Beobachtungen 1861 bis 1867.
Pulkowa	1865	Pu_2	Hauptsterne, Obs. Poulk., vol. XII.
„	1865	Pu_2 o	Gelegentlich mitbeobachtete Sterne, RA. Obs. Poulk., vol. XII, Decl. vol. XIV.
Quetelet	1865	Q	Brüsseler Katalog, Beobachtungen 1857 bis 1878.
Schjellerup	1865	Sj	Stjernefortegnelse —15 bis +15°.
Kap	1865	Cp 65	Beobachtungen unter Maclear 1861 bis 1870.
Safford	1865	Ca S	Rektaszensionen von 505 Sternen Ann. Obs. Harv. Coll. IV, p. II.
Austin	1868	Ca Au	Rektaszensionen von 614 Sternen Ann. Obs. Harv. Coll. X.
Glasgow	1870	Gl	Grants erster Katalog.
Melbourne	1870	Me_1	First Melbourne General Catalogue.
Mailand	1870	Ml SC	1119 Sterne —2 bis +6°, beobachtet 1860 bis 1872, von Schiaparelli und Celoria.
Kremsmünster	1870	Krm	Strassers Katalog von 750 Sternen.
Leipzig	1870	Lpz Gr	Gradmessungssterne, Gen.-Ber. M.-Eur. Gradm. 1871, Anh. III.
Leiden	1870	Lei Gr	Gradmessungssterne, Ann. Sternw. Leiden, II
Bonn		$Bo\ VII_2$	Bonner Beobachtungen 1867 bis 1874 (nicht katalogisiert) in Argelanders als Ms. gedruckter Fortsetzung zu Bonn. Beob., Bd. VII.
Greenwich	1872	9 y	Nine-year Catalogue, 1868 bis 1876.
Astr. Ges.	1875	AG	Katalog der Astronomischen Gesellschaft. In der I. Abteilung, für 1875 („AG_n" statt AG, wenn es erforderlich ist, die Abteilung zur Unterscheidung von der zweiten als die nördliche zu kennzeichnen), erhalten die einzelnen Stücke folgende Bezeichnungen:
		Kas	Stück I, Kasan, 75 bis 80°.
		Do	Zone 70 bis 75°: nur vier Jahreskataloge Dorp. Beob., Bd. XVII bis XX vorhanden.
		Chri	Stück III, Christiania, 65 bis 70°.
		Hels	„ IV, Helsingfors-Gotha, 55 bis 65°.
		Cbr M	„ V, Cambridge, U. S., 50 bis 55°.
		Bo	„ VI, Bonn, 40 bis 50°.
		Lu	„ VII, Lund, 35 bis 40°.
		Lei	„ VIII, Leiden, 30 bis 35°.
		Cbr E	„ IX, Cambridge Engl., 25 bis 30°.
		Berl B	„ X, Berlin, nördl. Abt., 20 bis 25°.
		Berl A	„ XI, Berlin, südl. Abt., 15 bis 20°.
		Lpz I	„ XII, Leipzig, nördl. Abt., 10 bis 15°.
		Lpz II	„ XIII, Leipzig, südl. Abt., 5 bis 10°.
		Alb	„ XIV, Albany, 1 bis 5°.
		Nic	„ XV, Nicolajew, —2 bis +1°.
Paris	1875	Par_3	Cat. de l'Obs. de Paris, Örter für 1875 aus Beobachtungen 1868 bis 1881.
Romberg	1875	Rbg	Pulkowaer Katalog von 5634 Sternen (Meridiankreis 1874 bis 1880).

Washington	1875	Wa_2	Second Washington Catalogue, App. I, Wash. Obs. 1892.
Madras	1875	Ma P	„New Madras General Catalogue", nach den Beobachtungen unter Pogson.
Cordoba	1875	Gou	Catalogo General Argentino.
„	1875	GZ	Goulds Zonen, Katalog Res. Obs. Nac. Arg., vol. VII, VIII.
Armagh	1875	Arm_2	Second Armagh Catalogue.
Dublin	1875	Du_4	321 rote Sterne, Astr. Obs. etc. Dunsink, part. IV.
Rogers	1875	Rog	Katalog von 1213 Sternen Ann. Obs. Harv. Coll., XV.
Göttingen	1875	CB	Copeland und Börgen, Zone 0 bis —2°.
Berlin	1875	Be	Becker, 521 Bradley-Sterne (Beob.-Erg. Sternw. Berl. Heft I).
Rom, Cap.	1875	Re_1	Respighi, Dekl. von 1463 Sternen, 20 bis 64°, Mem. Acc. Linc. 1880; Nachtr. (67 St.), ib. 1885.
Wien	1875	W Pal	Katalog von 3458 Sternen aus Wiener Beobachtungen 1843 bis 1897.
Greenwich	1880	10 y	Ten-year Catalogue, Beobachtungen 1877 bis 1886.
Kap	1880	Cp 80	Stones Kapkatalog nach Beobachtungen 1871—1879.
Melbourne	1880	Me_2	Second Melbourne General Catalogue.
München	1880	$Mü_1$	„Erstes Münchener Sternverzeichnis" (nach Lamonts Zonen).
„	1880	$Mü_2$	„Zweites Münchener Sternverzeichnis" (Bauschinger).
Rom, Cap.	1880	Re_2	Respighi, Deklinationen von 1004 Sternen 0 bis 20° und 64 bis 90°, Mem. Acc. Linc. 1885.
Warschau	1880	War	Zonenkatalog —1 bis —7°.
Sydney	1880	Sy R	Russell 1877 bis 1881, Generalkatalog von Stichtenoth, Veröff. Berl. Recheninst. 20.
Rio de Janeiro	1880	RJ	Rektaszensionen von 623 Zenitalsternen, Ann. Obs. R. Jan., T. II.
de Ball	1880	Ba G	200 Zenitalsterne, beobachtet in Gotha, A. N., 2423 bis 2324.
Pulkowa	1885	Pu_3	Hauptsterne, Rektaszensionen Publ. Obs. C. Nic., vol. III, Deklinationen, vol. II.
„	1885	Pu_3 o	Gelegentlich mitbeobachtete Sterne (ebenda).
Kap	1885	Cp 85	Gills erster Katalog, Beobachtungen 1881 bis 1884 (App.: Zirkumpolarsterne 1881 bis 1888).
Porter	1885	Ci Z	Zonenkatalog, —19 bis —22°, Publ. Cinc. Obs. Nr. 9.
Wien	1885	Wi B	Bidschofs Katalog von 2417 in Wien 1881 bis 1889 beobachteten Sternen.
Dublin	1885	Du_6	1002 südliche Sterne usw. Astr. Obs. Duns. part. VI.
Gotha	1885	Go	375 Mayer-Sterne, beobachtet von Becker, reduziert von Harzer (A. N. 3035).
Berlin	1885	Kü Bl	670 Sterne, beobachtet 1885 bis 1886 (Beob.-Erg. Sternw. Berlin, Heft 2).
Straßburg	1885	$Strb_2$	Kataloge 1882 bis 1883 und 1884 bis 1888, Ann. Sternw. Straßb., Bd. II.

Hamburg	1885	Hbg L	636 Sterne, beobachtet von W. Luther, Mitt. Hamb. Sternw., Nr. 4.
Safford	1885	Sa W	The Williams College Catalogue (Rektaszensionen von 261 Zirkumpolarsternen).
Kasan	1885	Ka Zen	Deklinationen von 202 Zenitalsternen.
Loewy	1886	Loe	Rektaszensionen nach Beobachtungen bei den französischen Längenbestimmungen 1869 bis 1881.
de Ball	1887	Ba L	382 Sterne der Zone +2°, beobachtet in Lüttich (Ann. Obs. Brux., VII).
Greenwich	1890	II 10y	Second Ten-year Catalogue, Beobachtungen 1887 bis 1896.
Kap	1890	Cp 90	Gills zweiter Katalog, Beobachtungen 1885 bis 1895.
Melbourne	1890	Me_3	Third Melbourne General Catalogue (noch nicht veröffentlicht).
Glasgow	1890	Gl_2	Second Glasgow Catalogue.
Dublin	1890	Du_7	717 Sterne, Astr. Obs. Duns. part. VII.
Pulkowa	1890	Rbg_2	Katalog nach Rombergs Beobachtungen am Meridiankreise 1881 flg., bearbeitet von Seyboth (noch nicht veröffentlicht).
Karlsruhe	1890	Val	Valentiners Generalkatalog für Zone 0 bis −8°.
Ottakring	1890	Ott PB	Palisa und Bidschof, Katalog der in Bd. I und II der Ottakringer Beobachtungen vorkommenden Sterne (Denkschr. Wien. Akad. Bd. 67).
„	1890	Hz	Herz' Katalog für Zone −6 bis −10°, Abt. I Abh. Berl. Akad. 1906, Abt. II ib. 1907.
Oxford	1890	RC 90	Stones Katalog, Beobachtungen 1880 bis 1893.
Rom, Coll. R.	1890	$Mill_1$	Millosevich u. Cerulli, Zonen −21°, −22°.
Rom, Cap.	1890	LG	di Legge u. Giacomelli, RA. zu den Respighischen Dekl.-Katalogen (Mem. Acc. Linc. 1894).
Neuchâtel	1890	Hi	Hilfiker, Rektaszensionen von 273 Mondsternen.
Porter	1890	Ci_1	Erster Katalog von Sternen mit Eigenbewegung, Publ. Cincinnati Obs. Nr. 13.
Wilson	1890	Wils	644 Vergleichsterne, Carleton College (Northfield Minn.) Publ.
Porter	1895	Ci_2	Zweiter Katalog von Sternen mit Eigenbewegung, Publ. Cincinnati Obs., Nr. 14.
Rom, Coll. R.	1895	$Mill_2$	Millosevich u. Peyra, Zone −20°.
Berlin	1895	Bm_1	Battermanns Katalog von 1640 Sternen, Beob.-Erg. Sternw. Berlin, Heft 8.
Pulkowa	1895	Di S	Ditschenko-Seyboth, Katalog von 781 Zodiakalsternen, Publ. Obs. C. Nic., vol. IX.
Mt. Hamilton	1897	Tu BL	Tuckers Dekl. von 347 Polhöhensternen („Bethlehem Latitude Stars"), Publ. Lick Obs., VI.
Astr. Ges.	1900	AG	Zweite Abteilung des Kat. d. Astr. Ges., ev. als AG_2 zu unterscheiden; einzelne Stücke:
		Strb	Straßburg, Zone −2 bis −6°.
		Ott	Ottakring, Zone −6 bis −10°, Katalog von de Ball.

Astr. Ges.		Cbr M	Cambridge, U. S., Zone —10 bis —14° (noch nicht erschienen).
		Wa	Washington, Zone —14 bis —18° (noch nicht erschienen).
		Alg	Zone —18 bis —23°, beobachtet in Algier (fehlt noch).
Berlin	1900	Bm_2	Battermanns Katalog von 560 Sternen, Beob.-Erg. Sternw. Berlin Heft 10.
Toulouse	1900	Tou_1	Premier Catalogue de Toulouse.
Rom, Cap.	1900	LG_2	di Legge u. Giacomelli, Deklinationen von 1419 Sternen, beobachtet 1895 bis 1899.
Oxford	1900	RC 00	Rambauts Katalog, Beobachtungen 1894 bis 1903.
Dublin	1900	Du_8	1101 Sterne, Astr. Obs. Duns., part. VIII.
„	1900	Du_9	321 Sterne, Astr. Obs. Duns., part. IX.
Bonn	1900	Wz	Wirtz, Deklinationen von 487 Zenitalsternen (Veröff. Sternw. Bonn Nr. 3).
Hamburg	1900	Hbg	Schorr u. Scheller, Zone +80° (Mitt. Hamb. Sternw., Nr. 6).
Kap	1900	Cp AS	Catalogue of 8560 Astrographic Standard Stars (—40 bis —52°).
„	1900	Cp 00	Gills letzter Gesamtkatalog, Beobachtungen 1900 bis 1904.
Hongkong	1900	Dob	Doberck, Rektaszensionen von 2120 südlichen Sternen, beobachtet 1898 bis 1904.
Mt. Hamilton	1900	Tu Pi	Piazzis südliche Sterne, von Tucker 1898 bis 1900 beobachtet (Publ. Lick. Obs. VI).
Cincinnati	1900	Ci_3	Piazzis nördliche Sterne, Publ. Cincinnati Obs. Nr. 15.
Bonn	1900	Mö P	Mönnichmeyer, Internationale Polhöhensterne (Veröff. Sternw. Bonn, Nr. 7).
Greenwich	1900	$9\,y_2$	Second Nine-year Catalogue.

Bezeichnungen für Sterne der „Durchmusterungen".

Bonner Durchmusterung, Katalog für 1855	Argelander —2 bis +90° / Schönfeld —2 bis —23°	BD
Cordoba Durchmusterung, Katalog für 1875, —22 bis —52°		CoD
Cape Photographic Durchmusterung, Katalog für 1875, —18 bis —90°		CPD
O. Stone, Dm. der Zone —23°, Katalog für 1855 (Publ. L. McC. Obs. I.5)		Virg

mit Grad u. Nummer in der Gradzone

m. laufend. Kat.-Nr.

Untersuchungen über Fixsternparallaxen auf dem Yale-Observatorium. Die Ergebnisse der heliometrischen Beobachtungen auf der Sternwarte der Yale-Universität, welche Prof. Dr. Elkin vor Jahren begonnen und unter Beihilfe von Dr. Chase und Mason F. Smith durchgeführt hat, sind nunmehr veröffentlicht worden.[1]) Es war anfänglich beabsichtigt, von jedem der ausgewählten Sterne nur drei oder vier Messungen in den geeignetsten Zeiten auszuführen und die Sterne, welche Parallaxen erkennen ließen, dann häufiger zu beobachten. Indessen ist man später von diesem Grundsatze

[1]) Transactions of the Yale-University 2. Part I: Parallax Investigations of One Hundred and Sixty-three Stars mainly of large Proper Motion.

abgegangen und hat die Messungen über zwei weitere Epochen ausgedehnt, hauptsächlich um die Wirkungen der Eigenbewegung und systematische Beobachtungsfehler besser zu eliminieren. Es hat sich ergeben, daß die Messungen in geringem Grade von der Farbe der Sterne beeinflußt werden, indem das Licht der roten Sterne weniger gebrochen wird, als das der Vergleichsterne; indessen ist die Wirkung nicht größer als höchstens 0.03″ und liegt also innerhalb der Grenzen der wahrscheinlichen Fehler der Parallaxenbestimmung selbst. Im ganzen fanden sich nur zwei Sterne mit Parallaxe von 0.20″ nämlich 5 Serpentis (5.1 Größe) und Lalande Nr. 46 650 (8.7 Größe), 38 zeigten Parallaxen von 0.10″. Die allgemeine Vergleichung führte zu dem Ergebnisse, daß ein deutlicher Zusammenhang zwischen Parallaxe und Eigenbewegung besteht. Sterne mit Eigenbewegungen von mehr als 1″ ergeben im allgemeinen bestimmte Werte für ihre Parallaxen. Eine Abhängigkeit der Parallaxe von der Helligkeit der Sterne tritt nicht so klar hervor, ist aber in etwas angedeutet. Unter den Fixsternen, deren Parallaxe auf dem Yale-Observatorium bestimmt wurde, befinden sich vier Doppelsterne, von denen ziemlich genau berechnete Bahnen vorliegen. Dies setzt in den Stand, die Massen und die Größenverhältnisse der Bahnen in diesen Doppelsystemen zu berechnen. Es findet sich dabei folgendes:

Stern	Scheinbare halbe große Achse der Bahn	Umlaufszeit in Jahren	Parallaxe	Masse in Teilen der Sonnenmasse	Halbe große Achse der Bahn in Teilen der halben großen Achse der Erdbahn
ζ Herculis	1.35″	34.8	0.17″	0.42	8
ξ Ursae majoris .	2.51	60.0	0.17	0.89	15
μ Herculis	1.37	45.4	0.12	0.72	11
85 Pegasi	0.78	25.7	0.10	0.72	8

Die Massen in diesen vier Doppelsystemen sind also sämtlich kleiner als die Sonnenmasse, und die Dimensionen in diesen Systemen sind vergleichbar den Bahnen des Saturn und Uranus.

Neue Bestimmungen von Fixsternparallaxen durch photographische Aufnahmen. Diese Methode ist bekanntlich von Prof. Kapteyn vorgeschlagen und durch Aufnahmen von A. Donner in Helsingfors als sehr aussichtsvoll nachgewiesen worden. Seit 1903 ist nun dieser aussichtsvolle Weg zur Ermittlung zuverlässiger Sternparallaxen auf der Sternwarte zu Cambridge (England) beschritten worden, und zwar von Arthur R. Hinks und Henry Norris Russell. Sie haben dabei an der von Prof. Kapteyn eingeführten Methode mehrere Verbesserungen angebracht. Es wurden u. a. die Aufnahmen nicht auf drei Epochen beschränkt, sondern für gewisse Sterne selbst eine vierte und fünfte Aufnahme gemacht, um möglichst sichere Kontrollen zu gewinnen; ferner wurden die Aufnahmen ausgeführt,

wenn die betreffenden Sterne nahe im Meridian standen, und für jede Epoche besondere Platten gewählt und gleich entwickelt. Welche weitern Vorsichtsmaßregeln angewandt wurden, um konstante und zufällige Fehler bei der Aufnahme auszuschalten, haben die beiden Beobachter in ihrer ersten Abhandlung ausführlich dargelegt.[1])

Was die Grundsätze anbelangt, welche bei Auswahl der zu untersuchenden Sterne maßgebend sein sollten, so unterschieden die Beobachter in dieser Beziehung zwei Klassen von Sternen: solche, bei denen Versuche zur Parallaxenbestimmung mit einigem Erfolge bereits gemacht worden sind, sichtbare Doppelsterne, veränderliche Sterne, Sterne mit gemeinsamer Eigenbewegung. Zweitens solche, von denen man vermuten darf, daß sie eine größere Parallaxe zeigen, als die meisten andern, nämlich helle Sterne und vor allem solche von starker Eigenbewegung. Natürlich werden im einzelnen die Ansichten sehr verschieden sein, besonders über die zu berücksichtigenden Sterne der erstbezeichneten Klasse, weniger über die der andern. Nach Ansicht der beiden Astronomen dürfte zunächst eine Auswahl von etwa 40 Sternen ausreichen, um für einen Beobachter ein volles Arbeitspensum zu schaffen. Sie sind ferner der Meinung, daß die Astronomen, welche sich mit Parallaxenbestimmung beschäftigen, sich auf eine Auswahl bestimmter Sterne vereinigen sollten (ähnlich wie die Spektroskopiker, welche Geschwindigkeitsmessungen der Sterne anstellen). Nur durch eine solche Kooperation wird man zu sichern Ergebnissen über die absolute Genauigkeit der erhaltenen Werte für die Parallaxen gelangen. Inzwischen haben Hinks und Russell eine Liste von Sternen zusammengestellt, welche sie zu Beobachtungen behufs Parallaxenmessung am geeignetsten halten, selbst bearbeiten werden und ebenfalls andern Astronomen vorschlagen.

Diese Liste ist nachstehend im wesentlichen wiedergegeben. Sie enthält die Namen der Sterne, Rektaszension und Deklination für 1900.0, die Helligkeit in Sterngrößen, die Eigenbewegung in Bogensekunden und Bemerkungen zu einzelnen Sternen bezüglich der von andern Beobachtern gefundenen Parallaxen, über Duplizität, Veränderlichkeit usw.

Name	Position 1900.0 AR	Position 1900.0 D	Größe	Eigenbewegung	Bemerkungen
β Cassiopejae . . .	0h 3.8m	+58° 36′	2.42	0.55″	0.16″ Pritchard; 0.10″ Flint.
Groombridge 34 .	0 12.6	+43 27	7.9	2.80	0.29″ Auwers; 0.31″ Flint.
η Cassiopejae . . .	0 42.9	+57 18	3.64	1.20	0.18″ Peter; 0.44″ Davis; 0.34″ Flint. Doppelstern.
Mayer 20	0 43.1	+ 4 46	5.7	1.37	0.16″ und 0.12″ Flint.

[1]) Monthly Notices Astr. Soc. 1905. p. 775.

Name	Position 1900.0 R. A.	D	Größe	Eigenbewegung	Bemerkungen
μ Cassiopejae . . .	1h 1.6m	+54°26′	5.21	3.75	0.13″ Peter; 0.24″ Bauer; 0.28″ Jacoby; 0.07″ Flint.
ϑ Cassiopejae. . .	1 5.0	+54 37	5	0.22	0.23″ Jacoby. Im selbigen Felde mit μ.
o Ceti	2 14.3	— 3 26	Var.	0.24	
ϱ Persei	2 58.8	+38 27	Var.	0.18	Unregelmäßig veränderlich.
β Persei	3 1.7	+40 34	Var. .	0.03	0.07″ Chandler; 0.04″ Chase. Spektroskop. Doppelstern.
Lalande 6888, 9 .	3 40.2	+41 9	9; 9.5	1.38	Doppelstern.
λ Tauri	3 55.1	+12 12	Var.	0.02	Veränderl. 3.4 bis 4.2 Gr.; Spektroskop. Doppelstern.
Lalande 7443 . .	3 56.5	+35 2	8.5	2.19	
„ 9012 . .	4 44.4	+45 41	7.5	0.68	
η Geminorum. . .	6 8.8	+22 32	Var.	0.07	Veränd. 3.2 bis 4.2 Gr. Vis. u. spektroskop. Doppelstern.
ζ Geminorum. . .	6 58.2	+20 43	Var.	0.02	Var. 3.7 bis 4.5 Gr. Spektroskop. Doppelstern.
α Geminorum. . .	7 28.2	+32 6	1.56	0.21	+0.20″Johnson; —0.17″Flint. Spektroskop. Doppelstern.
ε Hydrae.	8 41.5	+ 6 47	3.5	0.21	Doppelstern.
ι Ursae Maj. . . .	8 52.4	+48 56	3.16	0.50	0.13″ Peters; 0.11″ Flint.
10 Ursae Maj. . .	8 54.2	+42 11	4.19	0.51	0.20″ Belopolsky; —0.07″ Flint. Mit ι Ursae gemeinsame Eigenbewegung.
Groombridge 1646	10 21.9	+49 19	6.5	0.84	0.11″ Kapteyn.
Lalande 21185 . .	10 57.9	+36 38	6.8	4.77	0.50″ Winnecke; 0.43″ Kapteyn; 0.37″ Flint.
„ 21258 . .	11 0.5	+44 2	8.5	4.40	0.26″ Auwers; 0.26″ Krüger; 0.17″ Kapteyn; 0.37″ Flint.
ξ Ursae Maj. . . .	11 12.9	+32 6	4; 5	0.74	Doppelstern.
A. Oe. 11677 . .	11 14.8	+66 23	9.0	3.04	0.25″ Geelmuyden; 0.19″ Bergstrand.
83_1 Leonis. . .	11 21.7	+ 3 33	6.5	0.75	
83_2 Leonis. . .			7	0.68	
β Leonis	11 44.0	+15 8	2.07	0.54	0.05″ und 0.01″ Pritchard.
Groombridge 1830	11 47.2	+38 26	6.5	7.05	0.18″ Schlüter; 0.16″ Kapteyn; —0.01″ Flint.
Lalande 22901 . .	12 7.8	+10 36	7.5	0.44	Diese drei Sterne scheinen eine Gruppe zu bilden.
„ 22908 . .	12 8.2	+11 24	7.5	0.59	
„ 22914 . .	12 8.4	+10 36	7	0.30	
γ Virginis	12 36.6	— 0 54	3.0; 3.2	0.58	Sp. Typus I u. Doppelstern.
δ Virginis	12 50.6	+ 3 56	3	0.51	
Lalande 25334 . .	13 34.7	+11 15	5.6		0.25″ Flint.
A. G. Berlin A. 4999	13 40.2	+18 20	9.2	2.0	
Lalande 25372 . .	13 40.7	+15 20	8.5	2.32	0.43″ Flint.
ξ Bootis	14 46.8	+19 31	4.5; 6.5	0.16	Doppelstern.
A. Oe. 14318. . .	15 4.7	—15 59	9.3	3.74	Ein Paar mit bemerkenswerter Eigenbewegung.
„ 14320. . .	15 4.7	—15 54	9.2	3.74	
Lalande 27742 . .	15 8.3	+19 39	7.5	0.67	Ein Paar mit bemerkenswerter Eigenbewegung.
„ 27743 . .	$\Delta\alpha$ +0.31s	$\Delta\delta$ +23.3″	8.0	0.62	
$O\Sigma$ 298	15 32.4	+40 9	7; 7.4	0.50	Doppelstern.
Weiße$_2$ 720 . . .	15 32.5	+40 8	7	0.50	
Lalande 29381 . .	16 1.5	+39 26	7	0.56	
„ 29439 . .	16 2.9	+38 55	8.5	0.60	

Name	Position 1900.0 R. A.	D	Größe	Eigenbewegung	Bemerkungen
ζ Herculis	16h37.6m	+31°47′	3	0.61	Doppelstern 3 u. 6.5 Gr.; 0.15″ Lewis.
η Herculis	16 39.5	+39 7	3.69	0.08	0.40″Belopolsky; 0.15″Flint.
W. B. XVII. 322 .	17 20.8	+ 2 14	8.0	1.36	0.17″ Flint.
μI Herculis. . . .	17 42.6	+27 47	4.0	0.81	
Σ 2398	18 41.7	+59 29	8.2	2.27	0.35″ Lamp; 0.32″ Flint.
München I. 18180	18 53.1	+ 5 48	9	1.26	Doppelstern 17″ Distanz.
6 Cygni	19 9.5	+49 40	6.6	0.64	0.48″ Ball; —0.02″ Hall. Doppelstern 10″ Distanz.
B. D. +30° 3639.	19 30.9	+30 18	9		Wolf-Rayet-Stern mit Wasserstoffhülle. 5″ im Durchm.
Lalande 37647 . .	19 41.8	+33 22	8.5	0.47	Doppelstern.
„ 37686 . .	19 42.6	+33 34	5.5	0.47	Gemeinsame Bewegung.
61 Cygni	21 2.4	+38 15	5.11	5.16	0.36″ Wilsing.
δ Equulei	21 9.6	+ 9 37	4.5	0.30	0.02″ Flint; 0.02″ Leavenworth; 0.07″ Hussey (spektroskopisch).
τ Cygni	31 10.8	+37 36	4; 10	0.48	0.08″ Belopolsky. Doppelst.
Lalande 43492 . .	22 12.3	+12 24	7	0.83	
Kr. 60	22 24.5	+57 12	9; 11	0.95	Doppelstern v. 3″ Distanz.
δ Cephei	22 25.5	+57 54	Var.	0.01	Spektroskopischer Doppelst.
β Pegasi	22 58.9	+27 32	Var.	0.22	Unregelmäßig veränderlich.
Lalande 45755 . .	23 16.8	+48 33	7.5	0.68	
λ Andromedae . .	23 32.7	+45 55	4	0.45	Spektroskopischer Doppelst.
Lalande 46650 . .	23 44.0	+ 1 52	8.7	1.4	0.23″ Flint.

Die photographischen Aufnahmen der Sterne dieser Tabelle sind bereits so weit vorgeschritten, daß Norris Russell für eine Anzahl derselben die Berechnung bezüglich der Parallaxen durchführen und endgültige Ergebnisse veröffentlichen konnte.[1]) Es sind im wesentlichen folgende:

Lalande 21 185. Dieser Stern ist ungefähr 7. Größe und besitzt starke Eigenbewegung. Die frühern Versuche, seine Parallaxe zu bestimmen, hatten bereits wahrscheinlich gemacht, daß er zu den uns nähern Fixsternen gehört. Die neue Untersuchung von Rusell beruht auf acht photographischen Platten, und bei den Ausmessungen wurde die Position des Sternes mit denjenigen von neun andern Sternen 7. bis 9. Größe verglichen, um die Verschiebungen infolge der jährlichen Bewegung der Erde möglichst scharf zu ermitteln. Als Endergebnis fand sich für die Parallaxe des Sternes der Wert $\pi = 0.344''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0.013″. Die frühern Versuche von Winnecke, Kapteyn und Flint hatten auf eine Parallaxe von 0.5″ bis 0.4″ geführt. Die Berechnung der Parallaxe durch Russell setzt voraus, daß die Parallaxen der neun Vergleichssterne unmeßbar klein sind; diese Voraussetzung ist nicht in aller Strenge richtig, vielmehr ist wahrscheinlich, daß die durch-

[1]) Monthly Notices **65**. 1905. Nr. 8; **67**. 1907. Nr. 2.

schnittliche Parallaxe dieser Vergleichssterne nahezu 0.007″ beträgt, um diesen Betrag wäre also der oben angegebene Wert der relativen Parallaxe zu vergrößern, um die absolute Parallaxe des Sternes Lalande 21 185 zu erhalten. Weiter ergibt sich, daß die absolute Leuchtkraft dieses Sternes nur etwa $^1/_{60}$ von derjenigen unserer Sonne ist, und die Geschwindigkeit, mit der sich derselbe durch den Raum fortbewegt, senkrecht zu unserer Gesichtslinie gemessen, 65 *km* in der Sekunde beträgt.

γ Virginis, ein Doppelstern, dessen beide Komponenten zusammen die Helligkeit 2.9 Größe besitzen. Auch von diesem Sterne wurden acht Aufnahmen in drei verschiedenen Epochen gemacht. Russell hat daraus für jede der beiden Komponenten die Parallaxe abgeleitet, und diese beiden Parallaxen müßten gleich groß sein, wenn die Messungen absolut fehlerfrei wären. Dies können sie natürlich nicht sein, und in der Tat findet sich der wahrscheinlichste Wert der Parallaxe der südlichen Komponente des Doppelsternes zu 0.084″, die der andern zu 0.064″; der Unterschied beträgt nur 0.022″, und Russell nimmt als wahrscheinlichsten Wert der Parallaxe das Mittel zwischen beiden an, also $\pi = 0.074''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0.022″. Dieser Stern ist ein Doppelstern, und die Bahn der beiden Komponenten um ihren gemeinsamen Schwerpunkt näherungsweise bekannt. Dr. See findet die Umlaufszeit zu 190 Jahren und die halbe große Achse der Bahn von der Erde aus gesehen zu 3.99″, endlich die Exzentrizität zu 0.90. Hieraus ergibt sich unter Annahme der oben angegebenen Parallaxe, daß die halbe große Achse dieses Doppelsternsystems 50 Erdbahnhalbmesser beträgt, die Distanz im Periastrum 5, im Apastrum dagegen 95 Erdbahnhalbmesser. Endlich findet sich für die Gesamtmasse beider Sterne ein Wert von 3.3 Sonnenmassen, und da beide Sterne nach Auwers und Lewis nahezu gleiche Massen besitzen, so übertrifft jeder derselben unsere Sonne an Masse 1.6mal, dagegen an Leuchtkraft etwa neunfach. Diese Sterne müssen daher entweder weniger dicht sein als die Sonne oder eine größere Oberflächenhelligkeit als diese besitzen, was mit der Tatsache zusammenstimmt, daß ihr Spektrum zum I. Spektraltypus gehört. Nach den spektroskopischen Messungen Belopolskys besitzt dieses Sternsystem eine Geschwindigkeit von 21 *km* pro Sekunde in der Gesichtslinie zur Erde, während die Parallaxenbestimmung zusammen mit der scheinbaren Eigenbewegung des Doppelsternes zeigt, daß dieser senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde hin, eine Geschwindigkeit von 34 *km* in der Sekunde besitzt. Sonach beträgt die absolute Geschwindigkeit dieses Systems im Raume 40 *km* pro Sekunde, und die Bewegungsrichtung macht einen Winkel von 60° mit der Gesichtslinie zur Erde hin.

In einer dritten Mitteilung berichtet Russell über seine Bestimmungen der Parallaxen von weitern acht Sternen, von denen die meisten in der obigen Liste enthalten sind. Bei diesen Bestim-

mungen wurden stets zwischen fünf und acht Platten ausgemessen, und die Zahl der Sterne, mit denen die Positionen der zur Parallaxenbestimmung ausgewählten Sterne verglichen wurden, war stets zwischen sieben und neun. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Name des Sternes	A R 1900.0 D	Helligkeit	Eigenbewegung	Parallaxe	Wahrscheinl. Fehler derselben
β Cassiopejae	0h 3.8m +58° 26′	2.4 Größe	0.55″	0.082″	0.014
Groombridge 34 . . .	0 12.6 +43 27	7.9 „	2.82	0.250	0.019
26 Andromedae . . .	0 13.5 +43 15	5.9 „	0.03	—0.026	0.069
η Cassiopejae	0 42.9 +57 18	3.6 „	1.20	0.188	0.041
o Ceti	2 14.3 — 3 26	Veränderl.	0.24	0.136	0.070
Lalande 25372 . . .	13 40.7 +15 27	8.5 Größe	2.32	0.221	0.032
Berlin B 5072. . . .	14 21.1 +24 6	9.0 „	1.42	0.067	0.073
„ B 5073. . . .	14 21.1 +24 6	9.1 „	1.42	0.000	0.052

An verschiedenen von diesen Sternen sind schon früher Parallaxenbestimmungen ausgeführt worden. So erhielt bei β Cassiopejae Pacthod auf photographischem Wege eine Parallaxe von 0.15″, Kossinski und Flint fanden aus Deklinations- und Meridianbeobachtungen 0.14″ und 0.10″. Bei Groombridge 34 erhielt Auwers 0.29″, Flint 0.31″. Für η Cassiopejae liegen nicht weniger als sieben Bestimmungen der Parallaxe vor, die zwischen 0.10″ und 0.37″ schwanken, für Lalande 25 373 fand Elkin aus Heliometermessungen $\pi = 0.17''$. Im allgemeinen kann man eine nicht unbefriedigende Übereinstimmung dieser Messungen mit den neuesten Ergebnissen von Russell behaupten, und diese letztern gewinnen dadurch an Vertrauen. Der negative Wert der Parallaxe von 26 Andromedae ($\pi = -0.026''$) ist kleiner als sein wahrscheinlicher Fehler und besagt, daß diese Parallaxe unmeßbar ist.

Die beiden Sterne Groombridge 34 und η Cassiopejae sind Doppelsterne. Durch die Bestimmung ihrer Parallaxen in Verbindung mit der scheinbaren Helligkeit erhält man für die vorgenannten acht Sterne folgende absolute Werte:

Name des Sternes	Leuchtkraft im Verhältnis zur Sonne = 1	Bewegung senkrecht zur Gesichtslinie pro Jahr in Erdbahnhalbmessern	Bewegung senkrecht zur Gesichtslinie pro Sekunde in Kilometern
β Cassiopejae	23	6.2	29
Groombridge 34 A	0.016	10.9	52
„ B	0.0015		
η Cassiopejae A	1.5	6.2	29
„ B	0.04		
o Ceti im Maximum der Helligkeit	3.0	1.7	8
„ „ Minimum „ „	0.011		
Lalande 25372	0.011	10.2	49
Berlin B 5072	0.25	35	170
„ B 5073	0.25		

Die Angaben für die beiden letzten Sterne, welche eine gemeinsame Bewegung besitzen, sind unsicher, doch ist wahrscheinlich, daß sie lichtschwächer sind als die Sonne, und ihre Bewegung senkrecht zur Gesichtslinie erheblich größer ist als die der übrigen Sterne in der Tabelle.

η Cassiopejae ist ein Doppelstern, für den eine näherungsweise Bahnbestimmung vorliegt. Nach der Berechnung von Lewis, ist die halbe große Achse der scheinbaren Bahn $a = 8.51''$, die Umlaufszeit beträgt 233 Jahre. In Verbindung mit der gefundenen Parallaxe ergibt sich hieraus, daß die wirkliche mittlere Distanz der beiden Komponenten dieses Doppelsternes 44 Halbmesser der Erdbahn beträgt, und zwischen 58 und 30 dieser Halbmesser schwankt; ferner daß die Gesamtmasse beider Sterne 1.6 Sonnenmasse beträgt. Nach Lewis ist die Masse des hellern beider Sterne doppelt so groß, als die des Begleiters, also nahe gleich der Sonnenmasse, und auch die absolute Lichtstärke desselben ist wenig von derjenigen unserer Sonne verschieden.

Was o Ceti (Mira) anbelangt, so fanden Campbell und Stebbins spektroskopisch dessen Bewegung in der Gesichtslinie zur Erde (oder die Radialbewegung) konstant zu $+63$ *km* in der Sekunde. Da die Geschwindigkeit desselben senkrecht zu dieser Richtung zu nur 8 *km* ergibt, so folgt, daß dieser Stern sich von uns entfernt, und seine Bahn nur einen Winkel von 7° mit der Gesichtslinie zur Erde bildet. Ist der ermittelte Wert seiner Parallaxe richtig, so folgt weiter, daß dieser Stern vor 110 000 Jahren unserer Sonne am nächsten war, er stand damals im Sternbilde des großen Bären, 210 000 Halbmesser der Erdbahn (420 Billionen Meilen) von der Sonne entfernt, und wenn seine Helligkeitsschwankungen so groß waren wie heute, so muß er damals in seinem hellsten Lichte dem Sirius gleich erschienen sein, im schwächsten aber wie ein Stern 5. Größe.

Parallaxenbestimmung von Fixsternen durch Meridianbeobachtungen. Gegen Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts hat Prof. Kapteyn von der Sternwarte zu Leiden gezeigt, daß die Durchgänge von Sternen am Meridiankreise mit Hilfe der Registriermethode so genau erhalten werden können, daß sie zur Ableitung der Parallaxen benutzbar sind. Später hat Flint[1]) auf diesem Wege am Meridiankreise der Sternwarte zu Madison bei etwa 100 Sternen Parallaxen bestimmt, die jedenfalls zeigen, daß auf diesem Wege etwas zu erreichen ist. Aus diesem Grunde und weil ein geeignetes Instrument zur Verfügung stand, hat E. Jost von dem astronomischen Institut der Sternwarte zu Heidelberg in der Zeit vom Mai 1899 bis zum Juni 1901 an einer Reihe ausgewählter Sterne über 5000 Durch-

[1]) Meridian Observations for Stellar Parallax. Madison 1902.

gangsbeobachtungen zum Zwecke der Parallaxenbestimmung angestellt und bearbeitet.[1])

Die ausgewählten Sterne waren ausnahmslos solche mit stärkern Eigenbewegungen, entsprechend der oben erwähnten Erfahrung, daß bei solchen Sternen die Wahrscheinlichkeit einer meßbaren Parallaxe am größten ist. Im ganzen wurden 29 Fixsterne in den Kreis der Untersuchung gezogen und durchschnittlich jeder mit drei bis vier lichtschwächern Sternen, deren Parallaxen als unmerklich klein anzusehen sind, verglichen.

E. Jost teilt alle Einzelheiten bezüglich des benutzten Instruments (von drei Zoll Öffnung), der Messungen, der möglichsten Ausschließung von Fehlern und der Berechnungsweise mit. Hier haben wir es nur mit den Endergebnissen, d. h. den gefundenen Parallaxen, sowie den wahrscheinlichen Fehlern derselben zu tun. Die nachstehende Tabelle führt dieselben vor. In der ersten Kolumne findet sich der Name des Sternes, in der zweiten die Helligkeit (Größe), in der dritten die Parallaxe (π) nebst deren wahrscheinlichem Fehler (w. F.), in der vierten bis sechsten bei einigen bereits anderwärts auf Parallaxe untersuchten Sternen, die von den dort angeführten Beobachtern früher gefundenen Parallaxen und die dabei angewendeten Beobachtungsmethoden (Heliometer, photographische Aufnahmen, Registrierbeobachtungen).

Sterne	Gr.	π	w. F.			
109 Herculis . . .	4.1	+0.02″	±0.023″			
110 Herculis . . .	4.3	+0.06	±0.022			
3 Cygni	6.4	+0.07	±0.031	+0.05″	Chase	Heliometer
16 Cygni pr. . . .	6.3	+0.15	±0.031			
15 Sagittae . . .	5.7	+0.076	±0.045	+0.16	Chase	Heliometer
Groombridge 3215	7.1	+0.03	±0.044	—0.02	Chase	Heliometer
56 Cygni	5.1	+0.05	±0.039			
Groombridge 3357	6.8	—0.07	±0.035			
61 Cygni pr. . . .	5.4	+0.32	±0.029	+0.326	Kapteyn-De Sitter	Photographisch
				+0.357	Wilsing	Photographisch
				+0.21	Flint	Registrierbeobachtungen
				+0.292	Bergstrand	Photographisch
				+0.38	Kostinsky	Photographisch
65 Cygni τ	4.0	+0.12	±0.042			
Bradley 2792. . .	5.7	+0.08	±0.033			
$\varkappa$ Aurigae	4.4	+0.05	±0.017			
56 Aurigae ψ_5 . .	5.3	+0.07	±0.020			
Groombridge 1281	5.8	+0.06	±0.020			
ϱ Geminorum . .	4.5	+0.04	±0.028			
σ Geminorum . .	4.4	+0.05	±0.027			

[1]) Untersuch. über die Parallaxen von 29 Fixsternen von E. Jost. Veröffentlichungen der Sternwarte zu Heidelberg (astron. Institut), herausgegeben von Dr. W. Valentiner. 4. Karlsruhe 1906.

Sterne	Gr.	π	w. F.			
Lalande 15565 . .	7.0	+0.11	±0.032	+0.07	Flint	Registrier-beobachtungen
				+0.03	Chase	Heliometer
Piazzi VII 321 . .	7.0	+0.04	±0.024	+0.04	Chase	Heliometer
32 Lyncis	6.5	+0.08	±0.035			
ϱ_1 Cancri	6.2	+0.09	±0.037	+0.06	Chase	Heliometer
40 Lyncis α . . .	3.4	—0.07	±0.031			
11 Leonis minoris	5.7	+0.07	±0.042	—0.02	Chase	Heliometer
20 Leonis minoris	5.5	+0.06	±0.027	+0.065	Kapteyn	Registrier-beobachtungen
				+0.05	Flint	Registrier-beobachtungen
Bradley 1433 . .	6.0	+0.10	±0.026			
Groombridge 1678	5.2	+0.02	±0.024			
Lalande 21185 . .	7.5	+0.36	±0.023	+0.501	Winnecke	Heliometer
				+0.43	Kapteyn	Registrier-beobachtungen
				+0.36	Flint	Registrier-beobachtungen
55 Ursae majoris .	4.9	+0.03	±0.025			
Groombridge 1774	7.1	+0.02	±0.029			
Groombridge 1830	6.6	+0.08	±0.024	+0.118	nach Auwers	Mittel a. diversen Bestimmungen
				+0.139	Kapteyn	Registrier-beobachtungen
				+0.02	Flint	Registrier-beobachtungen

Unter den Sternen dieser Tabelle finden sich vier, die schon zwei- oder mehrmals von frühern Beobachtern auf Parallaxe untersucht worden sind. Es sind Sterne von großer Eigenbewegung, und sie wurden von Jost aus dem Grunde mitgenommen, um aus der Übereinstimmung der neuen mit den früher erhaltenen Werten für die Parallaxen, einen Schluß auf die Zuverlässigkeit der andern, von ihm zum ersten Male bestimmten Parallaxen zu ziehen. Die Übereinstimmung ist in den bezeichneten vier Fällen eine befriedigende, ja gute. Von besonderm Interesse ist darunter der Stern 61 im Schwan, und Jost bemerkt hierüber:

„Seit der klassischen Bestimmung durch Bessel hat die Parallaxe des Doppelsternes 61 Cygni dauernd das größte Interesse gefunden, was sich besonders darin ausspricht, daß von diesem Sterne weitaus die größte Anzahl von Bestimmungen vorliegt, sowohl der bloßen Anzahl wie der verwendeten Methode nach, trotzdem es wahrscheinlich einige Sterne am Himmel gibt, deren Parallaxe noch größer ist. In seiner Neubearbeitung dieses Sternes hat Bergstrand[1]) eine umfassende Aufstellung sämtlicher ihm bekannten Bestimmungen der Parallaxe von 61 Cygni gegeben. Die Liste der Bestimmungen

[1]) Bergstrand, Untersuchungen über das Doppelsternsystem 61 Cygni, Upsala 1905.

dieses einzigen Sternes ist geeignet, um ein treffendes Bild von der Sicherheit unserer Kenntnis der Parallaxen überhaupt zu geben, und ihre Betrachtung ist daher sehr lehrreich. Heute läßt sich die Liste noch um die drei modernsten Werte vervollständigen; einmal den von Bergstrand selbst gefundenen +0.29″, alsdann den neuen Pulkowaer[1]) Wert +0.38″, ebenfalls auf Grund photographischer Bestimmungen beruhend und schließlich den in vorliegender Arbeit gefundenen +0.32″. Ein Blick über die gesamten Parallaxenwerte von 61 Cygni hinterläßt zunächst den Eindruck einer großen allgemeinen Unsicherheit hinsichtlich der Größe des Wertes überhaupt. Es ist ganz augenfällig, daß systematische Fehlerquellen bei einer großen Anzahl der Berechnungen dazu beigetragen haben müssen, die Resultate zu verfälschen, insofern, als die Abweichungen der Einzelwerte voneinander auch unter Berücksichtigung ihrer w. F. nicht zu erklären sind. Es zeigte sich in der Bergstrandschen Aufstellung u. a., daß man die visuellen Bestimmungen nach Epochen geordnet in Perioden teilen kann, deren jede einen von einer andern ganz verschiedenen Wert aufweist. Anderseits findet sich, daß selbst die neuesten Werte noch bis zu 0.2″ (Flint +0.21″, Kostinsky +0.38″), also weit mehr als durch ihre Fehlergrenzen erlaubt wäre, voneinander abweichen, und es ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß die photographischen Bestimmungen fast durchweg einen größern Wert ergeben als die visuellen aus ungefähr gleichen Epochen. Zwar hat Bergstrand versucht, die Werte der Bestimmungen von Pritchard[2]) und Wilsing[3]) wie den von ihm selbst bestimmten, durch Annahme von Dispersionswirkungen erheblich zu verringern und mit einem Teile der visuell bestimmten in Einklang zu bringen, allein den Bergstrandschen Annahmen wird nicht allgemein beigepflichtet,[4]) ferner würde der Kostinskysche Wert +0.38″, der von seinem Berechner als im wesentlichen frei von den sogenannten Fehlern angesehen wird, erheblich abweichen. Die neuern visuellen Bestimmungen ergaben, wie erwähnt, zum Teile erheblich kleinere Werte als die mittels Photographie erlangten; im einzelnen weichen aber die Werte auch untereinander bedeutend ab, und es ist auch noch nicht gelungen, für die mittels der gleichen Methode erlangten Werte Gesetzmäßigkeiten zu finden, welche es erlaubten, die Einzelwerte in Übereinstimmung zu bringen. Gewinnt man aber so den Eindruck, daß weder von einer bestimmten

---

[1]) Kostinsky, Untersuchungen auf dem Gebiete der Sternparallaxen mit Hilfe der Photographie, St. Petersburg 1905.

[2]) Pritchard, Researches in Stellar parallax, Oxford 1892.

[3]) Wilsing, Untersuchungen über die Parallaxe und Eigenbewegung von 61 Cygni, Potsdam 1897.

[4]) Siehe Kostinsky l. c. Peter, Beob. am 6-zölligen Repsoldschen Heliometer der Leipziger Sternwarte, II. Abhandlung 1898, Wilsing, Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. **41**. 1906.

Methode, noch einer bestimmten Arbeit hinsichtlich des Sternes 61 Cygni gesagt werden kann, daß das Resultat frei von systematischen Fehlern sei, auch nur in der durch den mittlern Fehler gegebenen Begrenzung, so ist klar, daß wir, wie Kostinsky sagt, in mancher andern kleinern Parallaxe lediglich eine Anhäufung systematischer Fehler erblicken können."

Man wird dem nur beistimmen können, also den nur auf ein paar Hundertstel der Sekunde berechneten Parallaxen eine wirkliche Bedeutung nicht zusprechen dürfen. Mit andern Worten heißt dies: Die Zahl der Sterne, welche Parallaxen von mehr als 0.1″ besitzen, also in Entfernungen von weniger als 40 Billionen Meilen sich befinden, ist sehr gering, selbst wenn man nur die Sterne 1. bis 8. Größe in Betracht zieht. Ob es jemals gelingen wird, wesentlich größere Fixsternentfernungen zu bestimmen, muß dahin gestellt bleiben.

Benennungen von neuentdeckten veränderlichen Sternen. Als Fortsetzung der frühern Verzeichnisse[1]) gibt die von der astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission zur Herstellung eines Normalkatalogs der veränderlichen Sterne eine vierte Zusammenstellung von neu entdeckten Veränderlichen, die sie zur endgültigen Benennung für reif erklärt hat.[2]) Sie macht dazu folgende Bemerkungen: „Bei weitem der größte Teil derselben ist mit Hilfe der Photographie aufgefunden worden, und zwar insbesondere auf dem Harvardobservatorium durch die Prüfung der Draper Memorial- und der Kartenaufnahmen. Soweit sich aus dem bisher veröffentlichten Materiale entnehmen läßt, gehören 24 Objekte den langperiodischen, 11 den irregulären, 25 den kurzperiodischen Veränderlichen, 13 dem Algoltypus und 1 dem Antalgoltypus an. Bezüglich der Namen ist zu erwähnen, daß bei dem Sternbilde Cygnus diesmal die bisher übliche Bezeichnung durch die Kombination zweier Buchstaben des Alphabets von R bis Z erschöpft ist, und daß die Kommission daher gezwungen gewesen ist, sich über die Fortführung der Bezeichnungen schlüssig zu machen. Auf der Astronomenversammlung in Lund war bereits auf diese Eventualität hingewiesen und angekündigt worden, daß nach Erschöpfung der Kombinationen zu zwei Buchstaben mit den Kombinationen zu drei Buchstaben begonnen werden sollte. In der an den Kommissionsbericht sich anschließenden Diskussion in Lund war dann der Vorschlag gemacht, die Verwendung von drei Buchstaben zunächst zu vermeiden und die bisher von der Benutzung ausgeschlossenen Buchstaben A bis Q (zu zweien kombiniert) heranzuziehen und daher AA Cygni auf ZZ Cygni folgen zu lassen. Dieser Vorschlag ist in der Kommission nochmals beraten worden und hat schließlich Zustimmung gefunden.

[1]) Siehe dieses Jahrbuch **15.** p. 67. **16.** p. 95. **17.** p. 50.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4212.

Nr.	Prov. Bez. A. N.	Name	Position 1900.0 R. A.	Position 1900.0 Dekl.	Präzession 1900 R. A.	Präzession 1900 Dekl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′	m	m	
1	64.1905	SS Cassiopejae	0 4 24	+51 0.6	+3.10	+0.33	9	12	v
2	65.1905	ST Cassiopejae	0 12 14	+49 43.9	+3.16	+0.33	7.5	9.0	ph
3	5.1907	SW Andromedae	0 18 29	+28 50.8	+3.13	+0.33	8.7	9.9	ph
4	—	U Tucanae	0 54 9	—75 32.4	+1.86	+0.32	9.1	13.0	ph
5	156.1906	RZ Persei	1 23 35	+50 20.3	+3.65	+0.31	8.5	9.7	v
6	51.1907	SX Andromedae	1 27 34	+46 0.4	+3.59	+0.31	9.2	<11.5	ph
7	33.1907	SS Persei	1 49 34	+49 59.6	+3.80	+0.30	10.7	11.2	ph
8	120.1906	RY Persei	2 38 59	+47 43.3	+4.01	+0.26	8.0	10.3	v
9	155.1906	SU Cassiopejae	2 43 3	+68 28.5	+5.28	+0.25	5.9	6.3	v
10	7.1907	RV Camelopard.	4 22 24	+57 11.5	+4.96	+0.14	7.8	9.5	ph
11	27.1907	RY Aurigae	5 11 32	+38 13.1	+4.10	+0.07	10.7:	11.7:	v
12	—	T Pictoris	5 12 19	—47 1.8	+1.67	+0.07	8.4	12.4	ph
13	24.1907	RW Monocerotis	6 29 18	+ 8 54.2	+3.28	—0.04	9.0	10.8	v
14	3.1902	RV Monocerotis	6 53 0	+ 6 18.0	+3.22	—0.08	7	8	v
15	2.1907	RU Camelopard.	7 10 54	+69 51.2	+6.54	—0.10	8.5	9.8	ph
16	66.1907	X Leonis	9 45 40	+12 20.3	+3.23	—0.28	11.5	13.5	ph
17	158.1906	ST Carinae	10 12 30	—59 42.9	+2.04	—0.30	9.2	10.3	ph
18	42.1906	S Sextantis	10 29 49	+ 0 10.5	+3.07	—0.31	8.9	10.5	ph
19	169.1906	ST Centauri	11 5 29	—51 56.8	+2.67	—0.32	9.8	10.7	ph
20	170.1906	SU Centauri	11 6 34	—47 18.0	+2.74	—0.33	8.7	9.6	ph
21	177.1906	SV Centauri	11 43 5	—60 0.5	+2.90	—0.33	8.8	9.8	ph
22	180.1906	W Crucis	12 6 42	—58 13.6	+3.14	—0.33	8.7	9.3	ph
23	182.1906	SW Centauri	12 12 30	—49 10.6	+3.16	—0.33	8.8	11.4	ph
24	183.1906	SX Centauri	12 15 52	—48 39.4	+3.18	—0.33	8.3	10.2	ph
25	54.1906	RV Draconis.	12 33 11	+66 8.7	+2.64	—0.33	9.7	<12.5	ph
26	186.1906	X Crucis	12 40 32	—58 34.6	+3.46	—0.33	8.5	9.0	ph
27	10.1907	RY Draconis.	12 52 30	+66 32.2	+2.37	—0.33	6.1	7.0	v
28	141.1906	RZ Centauri	12 55 37	—64 5.4	+3.73	—0.32	8.5	8.9	ph
29	149.1906	SS Centauri	13 7 9	—63 37.1	+3.85	—0.32	8.8	10.4	ph
30	11.1907	TT Centauri	13 13.2	—60 15	+3.81	—0.32	10.5	13.5	ph
31	153.1906	U Muscae	13 18 16	—64 8.4	+4.00	—0.31	10.5	<14.0	ph
32	190.1906	SY Centauri	13 35 3	—61 15.8	+4.05	—0.31	9.8	10.8	ph
33	191.1906	SZ Centauri	13 43 51	—58 0.2	+4.01	—0.30	8.0	8.9	ph
34	12.1907	ST Virginis	14 22 31	— 0 27.1	+3.07	—0.27	9.1	<10.5	ph
35	13.1907	TU Centauri	14 28 4	—31 14.9	+3.56	—0.27	9.0	14.0	ph

36	14.1907	RS Bootis	14 29 16	+32 11.4	+2.56	—0.27	8.9	10.0	ph
37	86.1906	RR Bootis	14 43 15	+39 43.7	+2.35	—0.25	8.9	<12	v
38	69.1905	X Lupi	14 46 45	—46 12.4	+4.00	—0.25	10.4	12.8	ph
39	15.1907	Y Lupi	14 52.3	—54 33	+4.35	—0.24	8.5	13.5	ph
40	67.1907	RT Bootis	15 13 22	+36 43.5	+2.33	—0.22	9	<11	v
41	16.1907	Y Coronae	15 43 4	+38 33.9	+2.19	—0.19	8.5	10.5	ph
42	17.1907	Z Coronae	15 52.2	+29 32	+2.43	—0.18	8.0	<11.0	—
43	87.1906	RW Draconis	16 33 43	+58 2.6	+1.08	—0.12	9.6	10.8	ph
44	50.1907	SS Ophiuchi	16 52 40	— 2 36	+3.13	—0.10	8.1	12	v
45	3.1907	SW Herculis	16 54 11	+21 42.0	+2.56	—0.09	12.5	14.5	ph
46	52.1907	ST Ophiuchi	17 28 50	— 1 0.4	+3.09	—0.04	10.0	11.1	ph
47	53.1907	SU Ophiuchi	17 34 22	+ 1 39.8	+3.03	—0.04	10.0	11.0	ph
48	54.1907	SV Ophiuchi	17 51 25	+ 3 24.1	+2.99	—0.01	9.7	<12.0	ph
49	55.1907	W Serpentis	18 4 6	—15 34.0	+3.44	+0.01	8.5	10.0	ph
50	56.1907	W Scuti	18 18 54	—13 42.5	+3.40	+0.03	9.3	10.4	ph
51	26.1907	RZ Draconis	18 21 49	+58 50.1	+0.87	+0.03	9.5	10.2	v
52	57.1907	X Scuti	18 25 41	—13 10.8	+3.38	+0.04	9.5	11.0	ph
53	58.1907	Y Scuti	18 32 36	— 8 27.2	+3.27	+0.05	8.9	10.2	ph
54	30.1904	SY Lyrae	18 37 33	+28 43.2	+2.35	+0.05	10.2	11.0	ph
55	61.1907	Z Scuti	18 37 36	— 5 55.1	+3.21	+0.05	9.0	10.3	ph
56	63.1907	SZ Aquilae	18 59 35	+ 1 9.4	+3.05	+0.09	8.8	10.5	ph
57	4.1907	Y Vulpeculae	19 0 8	+24 38.3	+2.48	+0.09	13.5	14.5	ph
58	121.1906	RX Draconis	19 1 8	+58 35.2	+0.96	+0.09	9.3	10.2	v
59	64.1907	TT Aquilae	19 3 9	+ 1 8.5	+3.05	+0.09	7.6	9.0	ph
60	—	AA Cygni	20 0 46	+36 32.0	+2.22	+0.17	8.0	9.2	v
61	193.1906	ZZ Cygni	20 20 40	+46 35.7	+1.92	+0.19	10.4	11.5	v
62	20.1907	RS Delphini	20 24 33	+15 56.5	+2.76	+0.20	8.9	9.8	ph
63	33.1904	YZ Cygni	20 58 55	+40 53.5	+2.25	+0.24	—	—	—
64	48.1907	RV Aquarii	21 0 44	— 0 36.6	+3.08	+0.24	8.5	<12	v
65	70.1905	RX Pegasi	21 51 44	+22 23.2	+2.78	+0.28	8.1	9.4	ph
66	50.1906	RY Pegasi	22 1 27	+33 1.2	+2.64	+0.29	10.0	10.6	ph
67	51.1906	RZ Pegasi	22 1 29	+33 1.3	+2.64	+0.29	10.0	12.4	ph
68	23.1907	Y Lacertae	22 5 13	+50 33.3	+2.29	+0.29	8.5	9.2	v
69	88.1906	X Lacertae	22 44 58	+55 54.0	+2.44	+0.32	8.2	8.6	v
70	65.1907	SW Cassiopejae	23 2 53	+58 1.0	+2.54	+0.32	9.2	10.2	ph
71	52.1906	ST Andromedae	23 33 47	+35 12.5	+2.96	+0.33	8.2	<10.5	ph
72	194.1906	SV Cassiopejae	23 34 12	+51 42.5	+2.88	+0.33	7	< 9.5	v
73	1.1907	SV Andromedae	23 59 14	+39 33.1	+3.07	+0.33	9	<12.5	ph
74	53.1006	SU Andromedae	23 59 28	+42 59.7	+3.07	+0.33	8.3	9.8	ph
75	154.1906	Nova Velorum	10 58 20	—53 50.9	+2.59	—0.32	—	—	—

Es ist damit freilich das alte Prinzip, für die Veränderlichen ausschließlich die Buchstaben R bis Z zu verwenden, durchbrochen worden, und der Übergang von ZZ auf AA ist als inkonsequent anzusehen, aber aus praktischen Gründen empfiehlt es sich, die Benutzung von drei Buchstaben solange wie möglich hinauszuschieben. Die neue Bezeichnungsweise liefert von AA bis QZ 280 Kombinationen, und dies dürfte noch für eine beträchtliche Zeit hinaus ausreichend sein.

Die Fortsetzung des Verzeichnisses findet sich auf Seite 74 und 75. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die angegebene Helligkeit für das Auge gilt, ph, daß es sich um photometrische Größenklassen handelt.

Aus den Erläuterungen, welche die Kommission zu diesem Verzeichnis gibt, sei hier folgendes hervorgehoben:

1. SS Cassiopejae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Maxima sind nach Seares scharf, und die Lichtkurve scheint um das Maximum herum fast symmetrisch zu sein. Die Position des Veränderlichen ist von Hartwig bestimmt, der Maxima (8.8^m) 1906 Okt. 20, 1907 März 5 und Juli 20 beobachtet und daraus die Periode 139.6^d abgeleitet hat.

2. ST Cassiopejae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Spektrum IIIb. Veränderlichkeit auch durch Hartwig und Pračka bestätigt; letzterer hat von 1906 November bis 1907 April eine langsame Veränderung beobachtet mit einem Minimum 1907 Januar 24 (8.8^m). Lichtwechsel irregulär.

3. SW Andromedae. Entdeckt von Miss Cannon auf den Draper Memorial Photographien. Die Periode ist = $0.49\,932^d$.

4. U Tucanae. Entdeckt 1898 von Frau Fleming. Spektrum IIIa mit hellen Wasserstofflinien.

5. RZ Persei. Entdeckt von Millosevich. Hartwig schließt aus seinen Beobachtungen im März und August bis Oktober 1907 auf eine Periode von etwa 338 Tagen mit Maximum 1907 Sept. 30.

6. SX Andromedae. Entdeckt von Miss Cannon auf photographischen Aufnahmen. Der Stern zeigt auf 50 zwischen 1892 und 1907 aufgenommenen Platten Größen zwischen 9.2^m und $<11.5^m$, der visuelle Unterschied scheint größer zu sein. Die Elemente sind:

$$\text{Maximum} = 2\,412\,486 + 337^d\,E.$$

7. SSPersei. Entdeckt von Bemporad in Catania.

8. RY Persei. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Hartwig gibt die Periode zu 6.862^d an.

9. SU Cassiopejae. Entdeckt von Müller und Kempf. Die Potsdamer photometrischen Messungen geben die Elemente: Max. = 1906 März 17.30 + 1.9498^d E. Die Lichtkurve ist nahezu symmetrisch.

10. RV Camelopardalis. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Farbe nach Pračka hellrot.

11. RY Aurigae. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Möglich, daß er zum Algoltypus gehört.

12. T Pictoris. Bei der Prüfung der Draper Memorial Photographien 1898 von Frau Fleming entdeckt. Pickering gibt in seinen Katalogen der Veränderlichen die genäherten Elemente an:

$$\text{Maximum} = 2\,410\,004 + 200^d \pm E.$$

13. RW Monocerotis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Die Prüfung von 22 Platten aus den Jahren 1896 bis 1907 ließ vermuten, daß der Stern dem Algoltypus angehöre. Dies wurde bestätigt

durch Esch und Ichinohe, welcher die provisorischen Elemente bestimmte: Min. = 2 417 680.653 M. Z. Gr. + 1.90 686d E. Die Dauer der eigentlichen Lichtänderung beträgt etwa 6 bis 7 Stunden.

14. RV Monocerotis. Entdeckt von Frau Ceraski. Nach den visuellen Beobachtungen Blažkos scheinen die Lichtschwankungen unregelmäßig zu sein. Der Stern ist rot, und sein Spektrum gehört zum Typus IIIb.

15. RU Camelopardalis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Aufnahmen. Aus den Schätzungen auf 22 Platten aus den Jahren 1899 bis 1906 schließt Blažko, daß die Helligkeit zwischen 8.5 und 9.8^m schwankt, und daß die Periode möglicherweise kurz ist. Farbe orange. Nach Blažko ist die Periode 22.27d, nach Luizet 21.8d.

16. X Leonis. Entdeckt von Metcalf. Photographische Änderung von 11.5 bis 13.5^m mit kurzer Periode.

17. ST Carinae. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört vermutlich zum Algoltypus.

18. S Sextantis. Entdeckt von Miss Leland auf photographischen Aufnahmen. Graff, welcher den Ort bestimmt hat, gibt die Amplitude des Lichtwechsels zu mindestens zwei Größenklassen mit Maximum 9^m an.

19. ST Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Die Prüfung von 168 Platten zeigte, daß die Periode kurz sein muß.

20. SU Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört vermutlich zum Algoltypus.

21. SV Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört wahrscheinlich zum Algoltypus.

22. W Crucis. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Die Prüfung von 340 Platten zeigte, daß die Periode kurz ist.

23. SW Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Periode nach Pickering: 5.21 943d.

24. SX Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Periode kurz.

25. RV Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Bestätigt von Hartwig, der eine Periode von etwa 147 Tagen vermutete, und von Pračka, der eine Periode von 203 Tagen ableitete.

26. X Crucis. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Die Prüfung der Platten zeigt, daß die Periode wahrscheinlich kurz ist.

27. RY Draconis. Entdeckt von Müller und Kempf bei Gelegenheit der Potsdamer photometrischen Durchmusterung. Die Potsdamer Messungen scheinen anzudeuten, daß der Stern zu den irregulären gehört. Farbe GR. Die photographische Helligkeitsamplitude ist 8.5 bis 10.5^m, scheint also größer zu sein als die optische.

28. RZ Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern wurde zuerst dem Algoltypus zugerechnet, scheint aber zu den kurzperiodischen zu gehören.

29. SS Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Algoltypus. Periode nach Pickering 2.47 871d.

30. TT Centauri. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

31. U Muscae. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Unabhängig vier Tage später von Frau Fleming am Spektrum als veränderlich erkannt. Periode wahrscheinlich lang.

32. SY Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört wahrscheinlich zum Algoltypus.

33. SZ Centauri. Entdeckt von Miss Leavitt auf photographischen Aufnahmen. Der Stern gehört vielleicht zum Algoltypus.

34. ST Virginis. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Periode ist kurz und wird von Pickering zu 0.41 224d angegeben.

35. TU Centauri. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

36. RS Bootis. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Der Stern findet sich auf 274 Platten aus dem Zeitraume von 1890 Juli 8 bis 1906 Juli 9, und die Schätzungen ergeben eine kurze Periode von 0.499 31d. Bestätigt von Hartwig und Pračka.

37. RR Bootis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Lichtkurve unsymmetrisch, Farbe orange und die Periode nahe 200d.

38. X Lupi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Periode ist wahrscheinlich irregulär.

39. Y Lupi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

40. RT Bootis. Entdeckt von Anderson. Periode nach Hartwig 262d.

41. Y Coronae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

42. Z Coronae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

43. RW Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Bestätigt von Blažko, der die Periode für kurz hält, und von Hartwig, der den Stern zum Antalgoltypus zählt. Blažko endlich findet, daß die Maximaepochen nicht durch eine konstante Periode dargestellt werden können, sondern daß vielmehr eine periodische Veränderung der Periodenlänge anzunehmen ist.

44. SS Ophiuchi. Entdeckt von Anderson. Periode nach Hartwig: Maximum 230d.

45. SW Herculis. Entdeckt von Baillaud auf den Toulouser Platten für die photographische Himmelskarte. Die Veränderlichkeit ist wahrscheinlich von ganz kurzer Dauer.

46. ST Ophiuchi. Entdeckt von Miss Cannon. Sehr kurze Periode von einem Tage oder Bruchteil desselben, mit raschem Aufstiege von der Minimalgröße zum Maximum.

47. SU Ophiuchi. Entdeckt von Miss Cannon.

48. SV Ophiuchi. Entdeckt von Miss Cannon. Periode: 216d.

49. W Serpentis. Entdeckt von Miss Cannon. Periode = 14.15 Tage.

50. W Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Wahrscheinlich Algoltypus.

51. RZ Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen.

52. X Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Kurze Periode.

53. Y Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Periode nicht größer als 10 Tage, kann viel kleiner sein.

54. SY Lyrae. Entdeckt von Frau Fleming. Keine regelmäßige Periode.

55. Z Scuti. Entdeckt von Miss Cannon. Die Periode ist kürzer als 4 Tage.

56. SZ Aquilae. Entdeckt von Miss Cannon. Periode 17.132d. Im Maximum ist die Änderung langsam, und wahrscheinlich bleibt der Stern wenigstens 2 Tage hell.

57. Y Vulpeculae. Entdeckt von Baillaud auf den Toulouser Platten für die photographische Himmelskarte. Aus den Aufnahmen läßt sich schließen, daß die Periode nicht lang sein kann, daß der Lichtanstieg in weniger als 30 Minuten vor sich geht, und daß das Verweilen im Minimum länger als die Zunahme und Abnahme dauert.

58. RX Draconis. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen und bestätigt. Der Algolcharakter ist durch Seares bestätigt, welcher die Periode zu 1.894d bestimmte. Nach ihm scheint die Dauer der Lichtänderungen ungefähr fünf Stunden zu betragen.

59. TTAquilae. Entdeckt von Miss Cannon. Eine vorläufige Untersuchung ergab die Periode zu 13.75d. Das Spektrum scheint ebenfalls veränderlich zu sein.

60. AACygni. Von Espin verdächtigt mit Veränderung von 8.0 bis 9.2^m. Hartwig fand den orangefarbenen Stern von 1895 bis 1907 von 8.0 bis 9.0m veränderlich.

61. ZZ Cygni. Entdeckt von A. St. Williams auf photographischen Aufnahmen. Algoltypus. Periode: 0.15^h 5^m 12.2^s.

62. RS Delphini. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien.

63. YZ Cygni. Entdeckt von Dunne bei Beobachtungen am Meridiankreise.

64. RV Aquarii. Entdeckt von Anderson.

65. RX Pegasi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Bestätigt von Hartwig und Seares. Lichtkurve um das Maximum flach. Spektrum IIIb.

66. RY Pegasi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Der Stern ist die südlich vorangehende Komponente eines Doppelsternes, dessen andere Komponente ebenfalls variabel ist. Beide Komponenten bilden den Stern BD $+ 32^0$ 4335. Ort nach Hartwig, der eine Periode von 25 Tagen ableitet mit einer Schwankung von 0.5m.

67. RZ Pegasi. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial-Photographien. Der Stern bildet mit dem vorangehenden Var. RY Pegasi einen Doppelstern. Bestätigt von Hartwig, der den Ort bestimmte und eine Periode von 125 Tagen ableitet.

68. Y Lacertae. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen. Blažko fand, daß die Periode kurz ist, wahrscheinlich nur einige Tage beträgt.

69. X Lacertae. Entdeckt von Seares durch photometrische Messungen. Seares gibt als Periode: 5.440d.

70. SW Cassiopejae. Entdeckt von Miss Cannon.

71. ST Andromedae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Bestätigt auch durch Hartwig. Pračka fand für die Periode den genäherten Wert 297d.

72. SV Cassiopejae. Entdeckt von Aitken und bestätigt von Maddrill. Die Veränderlichkeit ist schon von Espin vermutet worden, der den Stern in einer Liste von Sternen mit bemerkenswerten Spektren (III!!!) anführt. Farbe rot.

73. SV Andromedae. Entdeckt von Frau Ceraski auf den Moskauer Himmelsaufnahmen.

74. SU Andromedae. Entdeckt von Frau Fleming auf den Draper Memorial Photographien. Die Veränderlichkeit ist schon früher von Espin vermutet worden. Spektrum nach Pickering IIIb. Pračka gibt für die Periode den provisorischen Wert 280d.

75 Nova Velorum. Entdeckt von Miss Leavitt. Auf 128 Aufnahmen aus den Jahren 1889 bis 1905 ist der Stern nicht sichtbar; dagegen erscheint er als 9.7^m auf einer Platte von 1905 Dez. 5 und ist dann mit mehrfachen Fluktuationen bis Juni 1906 beobachtet worden. Auf einer Platte von 1906 Juli 2 ist der Stern nicht mehr zu erkennen und muß $< 11.2^m$ gewesen sein. Pickering hält den Novatypus für sicher.

Neue Veränderliche auf Photographien der Harvardsternwarte entdeckt. Im Verfolge der Untersuchungen dieser Platten, welche im Jahrbuche für 1906 Seite 55 erwähnt worden sind, hat Miss Leavitt wieder eine Anzahl bisher unbekannter Veränderlicher aufgefunden, über die Prof. Edward C. Pickering die folgende tabellarische Zusammenstellung gibt:[1])

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 127.

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. (1900)	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
2891	Perseus . . .	2 0 48	+57 58.2	9.3	0.7
2892	Perseus . . .	2 15 5	+56 8.8	9.2	0.9
2893	Cassiopeja . .	2 19 51	+59 0.6	10.6	0.6
2894	Cassiopeja . .	2 37 38	+65 18.6	8.2	0.8
2895	Cassiopeja . .	2 44 24	+62 22.4	8.8	0.6
2896	Camelopard. .	3 46 9	+58 21.6	9.0	1.0
2897	Camelopard. .	3 56 43	+58 22.9	8.6	0.6
2898	Camelopard. .	4 21 28	+64 13.5	9.5	1.0
2899	Ursa Major .	11 22 22	+45 44.2	8.2	0.8
2900	Draco	11 32 14	+67 53.2	9.0	0.7
2901	Ursa Major .	11 35 24	+52 33.9	9.5	1.0
2902	Draco	12 12 48	+70 4.0	8.8	0.8
2903	Ursa Major. .	12 16 12	+64 15.0	8.3	0.7
2904	Draco	12 21 49	+69 14.4	9.4	0.6

Eine ähnliche Untersuchung von Platten durch Miss A. J. Cannon führte zur Auffindung der in folgender Tabelle enthaltenen Veränderlichen:[1])

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. (1900)	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
2905	Andromeda .	1 27 34	+46 0.4	9.2	>2.3
2906	Ophiuchus . .	17 28 50	— 1 0.4	10.0	1.1
2907	Ophiuchus . .	17 34 22	+ 1 39.8	10.0	1.0
2908	Ophiuchus . .	17 51 25	+ 3 24.1	9.7	>2.3
2909	Serpens . . .	18 4 7	—15 33.8	8.5	1.5
2910	Scutum . . .	18 18 54	—13 42.6	9.3	1.1
2911	Scutum . . .	18 25 41	—13 10.9	9.5	1.5
2912	Scutum . . .	18 32 36	— 8 27.3	8.9	1.3
2913	Scutum . . .	18 36 40	— 4 12.6	9.1	1.1
2914	Ophiuchus . .	18 36 49	+ 6 19.6	10.6	0.8
2915	Scutum . . .	18 37 36	— 5 55.9	9.0	1.3
2916	Scutum . . .	18 43 40	—10 21.0	8.9	0.9
2917	Aquila. . . .	18 59 35	+ 1 9.1	8.8	1.7
2918	Aquila. . . .	19 3 10	+ 1 8.7	7.6	1.4
2919	Cassiopeja . .	23 2 53	+58 1.0	9.2	1.0

Fernere Untersuchungen anderer Platten durch Miss Leavitt gaben folgende neue Veränderliche:[2])

[1]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 129.
[2]) Harvard College Observatory. Circular Nr. 130.

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. 1900	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
2920	Perseus . . .	2 53 42	+38 47.7	8.5	2.0
2921	Perseus . . .	4 10 12	+41 29.2	10.2	0.8
2922	Taurus . . .	4 15 43	+28 12.9	9.6	1.0
2923	Taurus . . .	4 30 44	+18 33.8	10.0	0.6
2924	Reticulum . .	4 31 36	−63 11.9	8.8	>2.7
2925	Perseus . . .	4 42 45	+42 7.0	8.5	1.3
2926	Dorado . . .	4 43 58	−59 59.5	8.8	>2.7
2927	Pictor	4 47 36	−50 49.6	10.0	1.5
2928	Auriga. . . .	4 49 36	+30 24.4	8.6	1.0
2929	Pictor	5 2 43	−53 16.6	9.4	1.1
2930	Auriga. . . .	5 2 47	+39 27.7	8.0	1.4
2931	Auriga. . . .	5 4 38	+42 2.0	7.4	0.6
2932	Auriga. . . .	5 5 31	+42 42.7	9.0	1.0
2933	Pictor	5 8 17	−45 41.9	9.0	1.0
2934	Dorado . . .	5 9 35	−64 26.5	9.1	>2.4
2935	Mensa	5 46 2	−75 17.3	9.5	1.1
2936	Puppis . . .	6 6 53	−50 11.2	9.0	>2.0
2937	Pictor	6 11 58	−59 53.2	9.2	1.8
2938	Pictor	6 29 1	−60 9.2	10.0	0.8
2939	Carina	6 34 23	−55 46.7	9.5	1.0
2940	Carina	6 38 36	−52 20.2	8.8	0.7
2941	Carina	7 5 7	−58 13.3	8.2	1.1
2942	Musca	12 48 46	−68 21.8	9.4	0.6
2943	Centaurus . .	12 57 33	−63 33.7	9.8	0.7
2944	Centaurus . .	13 10 45	−62 5.8	10.2	0.8
2945	Centaurus . .	13 12 28	−61 51.3	9.2	0.8
2946	Circinus . . .	13 36 15	−64 58.2	10.0	1.0
2947	Centaurus . .	13 44 2	−57 5.2	7.8	0.8
2948	Centaurus . .	13 51 34	−55 51.9	9.8	0.7
2949	Centaurus . .	13 52 0	−51 15.5	9.9	0.7
2950	Centaurus . .	14 7 22	−53 27.7	9.6	0.9
2951	Lupus	14 24 7	−48 14.6	10.5	1.0
2952	Centaurus . .	14 27 16	−60 31.4	8.7	0.6
2953	Lupus	14 29 45	−50 58.6	10.3	0.8
2954	Circinus . . .	14 40 31	−59 35.0	9.5	5.5
2955	Lupus	14 40 46	−48 54.0	9.8	0.7
2956	Circinus . . .	14 43 48	−55 30.2	9.8	0.8
2957	Triang. Aust.	14 48 1	−68 25.9	8.7	0.8
2958	Apus	14 54 59	−71 12.7	10.5	1.0
2959	Norma. . . .	15 5 4	−54 56.1	9.5	1.0
2960	Apus	15 9 39	−70 50.8	10.5	0.8
2961	Circinus . . .	15 21 24	−57 43.7	10.0	1.4
2962	Triang. Aust.	15 33 32	−65 36.1	9.7	0.8
2963	Norma . . .	15 53 14	−44 50.5	8.6	0.7
2964	Norma . . .	15 57 24	−53 38.5	10.0	1.0
2965	Triang. Aust.	16 5 17	−61 50.2	9.8	>1.7
2966	Ara	16 43 35	−60 54.4	10.3	0.8
2967	Ara	16 44 37	−61 25.0	10.0	0.6
2968	Triang. Aust.	16 45 4	−65 2.3	9.5	2.0
2969	Ara	15 48 23	−63 2.9	9.2	0.8
2970	Ara	16 51 36	−61 15.7	9.2	0.8

Harvard Nr.	Konstellation	R. A. (1900)	D. (1900)	Maximal-helligkeit	Helligkeits-schwankung in Größen-klassen
		h m s	° ′		
2971	Draco	19 9 44	+65 56.6	8.9	0.9
2972	Draco	19 26 9	+68 43.7	9.3	0.7
2973	Cygnus . . .	19 30 22	+56 10.8	8.8	1.0
2974	Cygnus . . .	20 9 52	+49 9.0	9.2	0.8
2975	Vulpecula . .	20 50 31	+27 32.3	9.0	1.2
2976	Cygnus . . .	21 32 15	+31 39.1	7.3	1.0
2977	Cepheus . . .	21 43 26	+56 49.9	9.2	0.6
2978	Pegasus . . .	21 59 28	+27 51.6	7.2	0.6
2979	Lacerta . . .	22 0 43	+45 56.2	8.4	0.8
2980	Lacerta . . .	22 4 39	+45 15.0	7	0.6
2981	Lacerta . . .	22 14 11	+53 57.7	9.5	0.7
2982	Cepheus . . .	22 19 22	+55 27.6	8.2	0.6
2983	Pegasus . . .	22 23 44	+17 30.9	10.0	1.0
2984	Pegasus . . .	22 29 14	+24 2.5	9.5	>1.5
2985	Cepheus . . .	22 35 42	+64 19.3	8.6	0.7
2986	Lacerta . . .	22 36 54	+56 18.6	8.3	0.7
2987	Lacerta . . .	22 37 27	+55 54.6	8.8	0.8
2988	Pegasus . . .	22 40 2	+29 45.6	10.0	1.0
2989	Pegasus . . .	22 44 18	+26 49.8	8.8	0.8

Der Veränderliche χ Cygni ist bezüglich seines Lichtwechsels von H. Rosenberg untersucht worden.[1]) Die Veränderlichkeit dieses Sternes ist seit 220 Jahren bekannt, und zahlreiche Beobachtungen über dieselbe liegen vor. Eine zusammenfassende systematische Untersuchung derselben, und zwar sowohl der Helligkeitsschätzungen als der photometrischen Messungen der Lichtstärke, bringt jedoch jetzt erst die obige Arbeit. Nachdem die mühevolle Vereinigung sämtlicher vorliegender Beobachtungsreihen, soweit sie überhaupt verwendbar waren, auf eine einzige Skala gelungen war, konnten 61 Maxima der Helligkeit mit einer Genauigkeit von 1^d bis 2^d festgelegt werden, daneben 14 Minima, deren Epoche jedoch wegen Lichtschwäche des Sternes (der im kleinsten Lichte zur 13. bis 14. Größe herabsinkt, also selbst für größere Fernrohre dann unsichtbar ist) nur bis auf etwa 15^d genau ist. Im Maximum erreicht der Stern bisweilen 3.6 bis 3.3 Größe, nicht selten blieb er dann aber auch unter 6. Größe. Die Lichtkurve ist wie bei allen Veränderlichen des Miratypus in den einzelnen Perioden recht ungleich; die Helligkeitszunahme ist bisweilen rasch und dann langsamer, die Abnahme nach dem Maximum meist ziemlich gleichförmig, doch kommen auch Abweichungen vor. Eine Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge heller und schwächerer Maxima ist nicht zu erkennen, auch schwanken die Zwischenzeiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden

[1]) Abhandl. d. Kais. Leopold.-Carol. Deutsche Akad. d. Naturforscher **85.** Nr. 2.

Maximis um Beträge bis zu 30^{d}. Die Dauer der Periode war 1845 406.94^{d}, sie nahm bis 1907, also in 83 Perioden bis auf 408.64^{d} zu, im einzelnen kamen Abweichungen bis zu 35^{d} vor, die keine einfache Gesetzmäßigkeit erkennen lassen. Das Spektrum des Sternes zeigt dunkle und helle Linien; ob es sich hier um einen spektroskopischen Doppelstern handelt, läßt Rosenberg unentschieden.

Über den Lichtwechsel des Veränderlichen ST Herculis haben G. Müller und P. Kempf weitere Mitteilungen gemacht.[1]) Die graphische Darstellung der Messungen, sagen die beiden Beobachter, läßt erkennen, daß etwa zu folgenden Zeiten ausgesprochene Maxima stattgefunden haben: 1902 Aug. 30 (7.52^{m}), 1903 April 26 (7.55^{m}), 1904 Jan. 30 (7.40^{m}), 1904 Aug. 31 (7.22^{m}, 1906 Okt. 17 (6.75^{m}). Das letzte Maximum, bei weitem das hellste von allen, ist leider nicht genau festzulegen, weil zwischen Okt. 17 und Dez. 21 keine Messung vorliegt, und daher der Lichtabfall nicht sicher bestimmt werden kann. Die einzelnen Maxima sind im Aussehen z. T. wesentlich voneinander verschieden, auch finden zwischen ihnen noch sekundäre Erhebungen statt, welche die Gleichmäßigkeit des Verlaufes noch mehr stören, so z. B. 1903 Febr. 18 (7.92^{m}), 1903 Nov. 1 (7.74^{m}), 1904 Juni 10 (7.54^{m}) und vermutlich 1905 März 9 (7.36^{m}). Was das kleinste Licht anbelangt, so ist ein Hauptminimum ziemlich sicher für 1903 Sept. 2 (8.40^{m}) abzuleiten. Ein anderes Hauptminimum dürfte schon vorher, etwa 1902 Dez. 31 (8.28^{m}) eingetreten sein, doch läßt sich dies wegen der Beobachtungslücke von 1902 Nov. 17 bis 1903 Febr. 15 nicht sicher entscheiden. Außerdem sind noch einige sekundäre Minima angedeutet, darunter besonders 1902 Aug. 19 (8.10^{m}) und 1904 April 17 (7.80^{m}). Im allgemeinen scheinen die Minima flacher zu sein als die Maxima; eine gleichmäßige Periode läßt sich auch bei ihnen nicht erkennen. Der Betrag der Helligkeitsänderung ist nicht unbeträchtlich; die Messungen geben als extreme Werte 6.75 und 8.53.

Die Farbe des Sternes ist als Gelb zu bezeichnen, also im Vergleiche zu andern irregulären Variablen nicht sehr hervortretend.

Die Helligkeitsänderungen des Sternes X Persei. Dieser Stern, dessen Ort am Himmel (für 1905) R. A. = 3^{h} 46.5^{m} D + 30° 46′ ist, gehört zu den merkwürdigsten Veränderlichen von langer Periode und ist nunmehr fast 20 Jahre hindurch von Prof. G. Müller und P. Kempf auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam regelmäßig verfolgt worden. Während dieser Zeit konnten die genannten Beobachter drei Maxima und zwei Minima in seinem Lichtwechsel feststellen. Im Anschlusse an frühere Mitteilungen veröffentlichen sie nun ihre neuern Beobachtungen seit 1899 Sept. 4 bis 1907 April 10. Die Helligkeitsmessungen sind mit einem an dem 5-zolligen

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4161.

Refraktor angebrachten Photometer ausgeführt worden, wobei der Veränderliche mit zwei benachbarten Sternen verglichen wurde, die als 6.46 und 7.66 Größe angenommen sind. Die sämtlichen Helligkeitsbestimmungen wurden zu 27 Mittelwerten zusammengezogen und nach diesen eine Kurve gezeichnet, welche den Verlauf der Helligkeitsschwankungen von X Persei von Anfang 1888 bis jetzt darstellt. „Der Stern ist danach von Anfang 1888 an wenigstens vier Jahre lang unverändert im Maximum seiner Helligkeit gewesen und hat dann Mitte 1892 angefangen abzunehmen. Der Zeitpunkt, an welchem diese Helligkeitsänderung begonnen hat, ist leider nicht genau festzustellen, da aus der Zeit von März 1891 bis Oktober 1893 keine Beobachtungen vorliegen. Der Verlauf der Abnahme, der durch eine große Zahl von Messungen sehr sicher bestimmt ist, zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Regelmäßigkeit aus; er erstreckt sich über beinahe sechs Jahre, so daß das Minimum etwa im Februar 1898 erreicht wurde. Auch dieser Zeitpunkt ist um einige Monate unsicher, da man durch ein etwas anderes Zeichnen der Kurve für das Minimum leicht einen spätern Termin in Verbindung mit einer etwas geringern Minimalhelligkeit erhalten kann.

Unmittelbar nach dem Erreichen des Minimums begann die Helligkeit des Sternes wieder anzuwachsen, und zwar mit einer solchen Geschwindigkeit, daß er in ungefähr einem Jahre wieder bis zum Maximum zurückgekehrt war, welches nach der Kurve auf Ende Mai 1899 zu setzen wäre. Im Maximum verweilte aber der Stern dieses Mal, im schroffen Gegensatze zu seinem Verhalten während der ersten Jahre, nur ganz kurze Zeit; er begann sofort wieder abzunehmen, und zwar anfangs mit genau derselben Geschwindigkeit, mit der der Aufstieg erfolgt war. Dann kehrte er plötzlich um, und nun folgte während eines Zeitraumes von zwei Jahren ein allmähliches Abnehmen in einer Reihe von kleinen Wellen, deren Form freilich mehr oder weniger hypothetisch ist, bis der Stern schließlich von Anfang 1902 ab ganz schnell bis zum Minimum herabsank, das er im Februar 1903 erreichte. Im Minimum blieb der Stern diesmal über zwei Jahre, und dann erfolgte ein erneuter Aufstieg, dessen Verlauf genau der gleiche war wie bei dem Aufstiege von 1898 bis 1899. Das Maximum hat etwa Anfang November 1906 stattgefunden, und seitdem ist der Stern bereits wieder in der Abnahme begriffen.

Der Verlauf der Helligkeitsschwankungen ist also bei X Persei bisher ganz unregelmäßig gewesen; die einzigen vergleichbaren Momente sind die beiden Aufstiege, welche sich mit einem Zwischenraum von 2720 Tagen in genau gleicher Weise abgespielt haben. Und da man, von dem ersten dieser beiden Maxima aus um denselben Betrag zurückgehend, ebenfalls wieder auf die Maximalhelligkeit kommt, so scheint diese Zahl eine gewisse Bedeutung für die Periodizität des Sternes zu besitzen.

Die Helligkeiten des Veränderlichen ergeben sich nach der Kurve für die einzelnen Maxima und Minima etwas verschieden. Indessen betragen diese Unterschiede nur wenige Hundertstel einer Größenklasse und dürfen daher nicht als verbürgt angesehen werden, auch würden sich die Differenzen leicht durch eine etwas andere Führung der Kurve ausgleichen lassen."

Zum Schlusse geben die Beobachter noch folgende Daten für die einzelnen Epochen, die sich beim Ablesen aus der gezeichneten Kurve ergeben:

Datum		Größe	Datum		Größe
1888 Febr. 25 1892 April 11	Max.	6.31	1903 Febr. 14 1905 Juni 3	Min.	6.96
1898 Febr. 19	Min.	6.93	1906 Nov. 5	Max.	6.36
1899 Mai 25	Max.	6.34			

Der Veränderliche des Algoltypus RZ Cassiopejae ist von Prof. Hartmann auf dem Astrophys. Observatorium zu Potsdam spektroskopisch untersucht worden.[1]) Die Veränderlichkeit des Sternes wurde von Prof. G. Müller in Potsdam vor kurzem entdeckt; er ist im Maximum 6.5, im Minimum 7.8 Größe. Auch bei diesem Sterne bestätigten die Spektralbeobachtungen wieder die Tatsache, daß der Lichtwechsel durch die Verdeckung eines Sternes durch einen zweiten, mit dem er sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt bewegt, hervorgerufen wird. Aus einer größern Reihe Beobachtungen, deren endgültige Berechnung erst erfolgen kann, wenn die Periode des Lichtwechsels genau bestimmt ist, teilt Prof. Hartmann zwei mit. Die erste, welche etwa $^1/_4$ der Periodendauer vor dem Minimum liegt, ergab die Radialgeschwindigkeit zu $+ 33.1$ *km*, die zweite, ebenso lange nach dem Minimum, ergab -111.9 *km*. Nach einer vorläufigen Bearbeitung der Beobachtungen findet Prof. Hartmann, daß der Schwerpunkt des Systems die Geschwindigkeit $V_0 = -41$ *km* besitzt, der Abstand des leuchtenden Körpers vom Schwerpunkte beträgt 1170000 *km*, woraus bei Annahme gleicher Masse für die beiden Körper, die jedes einzelnen zu 0.18 der Sonnenmasse folgt, Resultate, die durch die definitive Bahnbestimmung nur wenig Änderung erleiden dürften.

Die Nova Sagittarii wurde von E. C. Barnard beobachtet.[2]) Gemäß der photographischen Aufnahme muß dieser Stern in der Zeit zwischen 1897 Oktober 23 und 1898 März 8 aufgeleuchtet sein. Eine Photographie vom letzten Tage zeigt ihn als 4.7 Größe; er war, wie Prof. Barnard glaubt, zweifellos heller in der vorhergehenden Zeit, als wegen Nähe desselben bei der Sonne keine photographischen Aufnahmen erhalten werden konnten. Barnard beobachtete ihn seit Mitte Mai 1899, wo er etwa 11. Größe war. Seitdem hat er langsam

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4135.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 4136.

an Helligkeit abgenommen und war im Juni 1907 ungefähr 15. Größe. Im Mittel war seine Helligkeit 1899 11.0 Größe, 1903 13.8 Größe, 1906 14.8 Größe, so daß es scheint, als wenn die Nova in den nächsten Jahren völlig verschwinden wird. Für den Ort der Nova am Himmel ergibt sich im Mittel aus den Harvardphotographien

$$AR = 18^h\ 56^m\ 12.8^s \quad D = -13°\ 18'\ 13''\ \text{(für 1900.0)}.$$

Das Spektrum von Mira Ceti ist während der Zeit der ungewöhnlich großen Helligkeit dieses Sternes von V. M. Slipher auf dem Lowellobservatorium photographisch aufgenommen worden,[1]) und zwar am 13., 18., 21. und 24. Dezember 1906. Die erste Aufnahme zeigt das Spektrum zwischen den Wellenlängen λ 4300 und 500 und enthält nur die beiden Wasserstofflinien Hβ und Hγ, beide stark und hell.

Die zweite Aufnahme, von Hδ bis Hα reichend, zeigt ein scharfes kontinuierliches Spektrum und die hellen Linien Hα, Hβ, Hγ, Hδ.

Die dritte Aufnahme in der gleichen Ausdehnung zeigt verschiedene dunkle Banden, die gegen Violett hin scharf abgeschnitten sind, gegen Rot hin aber allmählich abblassen. Von den Wasserstofflinien sind Hβ, Hγ und Hδ sämtlich hell.

Die vierte Aufnahme zeigt die Wasserstofflinien Hα, Hβ, Hγ, Hδ; Hα ist scharf und hat gegen Violett hin eine starke, ziemlich breite dunkle Linie neben sich.

Dies ist, wie Slipher bemerkt, zum ersten Male, daß die hellen Wasserstofflinien im Spektrum von Mira oder in demjenigen irgend eines Veränderlichen von langer Periode gesehen oder photographiert wurden. Wahrscheinlich sind sie früher wegen ihrer Lichtschwäche nicht wahrgenommen worden. Endlich ist noch zu bemerken, daß unter den Absorptionslinien dieses Spektrums besonders die Linien des Vanadiums sehr stark hervortreten.

Spektroskopische Untersuchungen von Mira hat ferner J. S. Plaskette zu Ottawa angestellt,[2]) und zwar während des jüngsten Maximums der Helligkeit dieses Sternes. Hiernach erschien die Wasserstofflinie Hβ außergewöhnlich hell, außerdem wurden noch acht andere helle Linien gefunden. Daneben zeigten sich zahlreiche dunkle Linien des Titans, sowie einige matte Bänder. Aus der Verschiebung der Linie Hγ ergab sich eine Eigenbewegung des Sternes zu +46.1 *km* in der Sekunde, während die dunkle Linie eine solche von +65.5 *km* anzeigte. Diese Werte stimmen gut überein mit den schon 1897 und 1898 von Campbell ermittelten Geschwindigkeiten der Radialbewegung des Sternes, welche gemäß den hellen Linien +44.4 *km*, gemäß den dunklen +62.3 *km* pro Sekunde ergaben. Sonach ist die Radialbewegung von Mira Ceti heute die nämliche wie vor zehn Jahren, und die Ursache des Unterschiedes der Geschwindigkeiten, welche die hellen und dunklen Linien zeigen, kann nicht durch Annahme eines Begleiters des Hauptsternes erklärt werden.

[1]) Astrophys. Journal 1907 Januar. p. 66.
[2]) Journ. of the Royal Astr. Soc. of Canada Nr. 1.

Die Spektra von R Coronae und 12 Canum. H. Ludendorff veröffentlichte[1]) die Ergebnisse der Untersuchung von spektrographischen Aufnahmen einiger Sterne, die von ihm und Dr. Eberhard mit dem photographischen Refraktor des Potsdamer Observatoriums und einem Spektrographen von drei Prismen erhalten worden sind. Diese Aufnahmen beziehen sich auf die Sterne R in der nördlichen Krone, zwölf in den Jagdhunden und 72 im Ophiuchus. Für den letztern Stern ergab sich aus der Messung der Verschiebungen, welche die Magnesiumlinie λ 4481 und die Wasserstofflinie Hγ aus der normalen Lage zeigten, eine Annäherung der Sternes in der Gesichtslinie zur Erde (Radialbewegung) von 23 *km* in der Sekunde. Die beiden andern Sterne zeigen sehr merkwürdige Spektra.

R in der nördlichen Krone ist ein veränderlicher Stern mit außerordentlich großen Lichtschwankungen, die bisweilen acht Größenklassen betragen. Eine Regelmäßigkeit in diesem Lichtwechsel läßt sich nach Ludendorffs Untersuchung aller bisherigen Beobachtungen desselben nicht erkennen, aber die normale Helligkeit, die der Stern mitunter jahrelang beibehält, entspricht etwa der 6. Größenklasse. Das Spektrum von R ist schon mehrfach beobachtet worden, so von Espin 1890, 1893 und 1899, als der Stern ziemlich seine normale Helligkeit besaß. Espin glaubte, zeitweise helle Linien im Spektrum zu sehen, doch äußert er sich in dieser Hinsicht sehr vorsichtig. Mit größerer Sicherheit glaubte er, im Jahre 1890 das Auftreten und Wiederverschwinden zweier breiter Absorptionsbanden beobachtet zu haben; ähnliches bemerkte er 1893. 1890 scheint Espin, abgesehen von den beiden Banden, Absorptionslinien nicht wahrgenommen zu haben, dagegen gelang ihm dies 1893 und 1899.

Die frühesten photographischen Aufnahmen des Spektrums von R sind auf der Harvardsternwarte zu Cambridge 1886 erhalten worden, dann 1888, zu Zeiten, als der Stern seine normale Helligkeit hatte. Später hat Prof. Frost auf der Yerkessternwarte das Spektrum photographisch aufgenommen, und zwar 1903 Juli 24 und 1905 August 25. Aus den Linienverschiebungen auf diesen Spektrogrammen ergab sich ein Entfernen des Sternes von der Sonne von im Mittel 13.5 *km* pro Sekunde. „Das Spektrum war an beiden Tagen dem von α Persei ähnlich. Nach der Lichtkurve war der Veränderliche 1903 Juli 24 7.3 Größe und in langsamer Helligkeitszunahme begriffen, 1905 August 25 etwa 6.5 Größe und ebenfalls in Helligkeitszunahme befindlich. Die Beobachtungen von Frost sind dadurch besonders wertvoll, daß sie zu Zeiten angestellt sind, zu welchen der Stern sich nicht in seiner normalen Helligkeit befand, sondern etwas schwächer war.

Die Dr. Ludendorff zur Verfügung stehenden Spektrogramme von R Coronae sind alle zur Zeit normaler Helligkeit gewonnen worden. „Es sind zunächst fünf mit Spektrograph IV aufgenommene

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4129.

Platten; in Anbetracht der Lichtschwäche des Objektes mußte der Spalt ziemlich weit geöffnet und sehr lange belichtet (3h 10m bei der ersten, 4h bei den übrigen Platten) werden. Sämtliche Platten sind trotzdem schwach belichtet, ließen sich aber ziemlich gut ausmessen.

Es konnten auf jeder Platte etwa 30 bis 40 Linien zur Ableitung der Radialgeschwindigkeit benutzt werden. Die (fünf) Werte stimmen recht gut überein und lassen keine Veränderung der Radialgeschwindigkeit erkennen. Bei der Beurteilung der Genauigkeit ist zu beachten, daß bei den langen Belichtungen sich schon recht wohl Biegungen im Spektrographen bemerkbar machen können, und daß, wie erwähnt, alle Spektren schwach belichtet sind.

Im Mittel aus den fünf Platten ergibt sich als Radialgeschwindigkeit $v = +24.6$ *km* pro Sekunde."

„Diese Zahl," sagt Dr. Ludendorff, „weicht recht stark von dem Frostschen Werte ab. Frost schätzt, wie er brieflich mitteilte, die Unsicherheit der Einzelwerte der Radialgeschwindigkeit auf 5 *km*. Größer dürfte jedenfalls durchschnittlich die Unsicherheit der von mir hergeleiteten Einzelwerte auch nicht sein. Man könnte also vermuten, daß die Radialgeschwindigkeit von R Coronae während seiner normalen Helligkeit zwar konstant ist, aber Änderungen während des Lichtwechsels erleidet. Allerdings möchte ich diese Vermutung nur mit allem Vorbehalte aussprechen, da bei so langen Belichtungen, wie sie sowohl Frost wie wir haben anwenden müssen, das Auftreten starker systematischer Fehler nicht ausgeschlossen scheint."

Auf den fünf gemessenen Spektrogrammen hat Dr. Ludendorff keine Änderungen im Aussehen des Spektrums wahrnehmen können; auf allen hat das Spektrum große Ähnlichkeit mit dem von α Persei. Indessen konnte er doch einen sehr wesentlichen Unterschied in den Spektren beider Sterne feststellen: In dem von R Coronae fehlt nämlich merkwürdigerweise die Wasserstofflinie Hγ. Auf keiner der Platten ist eine Spur von dieser Linie vorhanden, weder als Emissions-, noch als Absorptionslinie. Ebenso fehlt Hγ auch auf zwei andern Spektrogrammen von R Coronae (1904 Juli 11 und 12), welche zu stark unterbelichtet sind, als daß sie hätten ausgemessen werden können. Die Spektralbezirke um Hβ und Hδ sind auf den mit Spektrograph IV aufgenommenen Platten nicht mehr enthalten.

Auf eine Anfrage teilte ihm Herr Prof. Frost mit, daß auch auf den beiden von ihm vermessenen Platten die Linie Hγ fehlt; ebenso scheint auch Hβ zu fehlen, was sich aber nicht mit völliger Sicherheit entscheiden ließ. Die zweite Platte reicht über Hδ hinaus, und Prof. Frost konnte feststellen, daß diese Linie ebenfalls fehlt. Dr. Ludendorff bemerkt hierzu: „Um das Verhalten der Wasserstofflinien außer Hγ auch unserseits zu untersuchen, haben Dr. Eberhard und ich mit dem Spektrographen D (ein Prisma, kleine Dispersion) noch weitere Aufnahmen von R Coronae gemacht, und

zwar 1906 Juli 29 (90^m Belichtung) und Juli 30 ($3^h\ 40^m$ Belichtung). Die Spektralgegend um $H\beta$ ist auf diesen Platten nicht enthalten. Auf beiden Aufnahmen fehlen $H\gamma$ und $H\delta$; auf der zweiten, ziemlich weit ins Ultraviolett reichenden Aufnahme ist die Umgebung von $H\zeta$ noch schwach sichtbar, und diese Linie scheint ebenfalls zu fehlen. Über das Verhalten von $H\varepsilon$ kann nichts gesagt werden, da diese Linie durch H überdeckt wird; H und K sind ziemlich breit ähnlich wie bei α Persei, und überhaupt hat das Spektrum von R Coronae, abgesehen von dem Fehlen der Wasserstofflinien, auch im Ultraviolett die größte Ähnlichkeit mit dem dieses Sternes."

„In bezug auf den Charakter des Spektrums stimmen also die von Frost und die von mir untersuchten Platten völlig überein, obwohl die von Frost nicht in der Zeit der normalen Helligkeit aufgenommen sind. Ob die von unsern Resultaten abweichenden Ergebnisse, die auf dem Harvardobservatorium und von Espin erhalten wurden, richtig sind, muß die Zukunft lehren. Man müßte in diesem Falle große Änderungen in dem Spektrum annehmen, wie sie ja bei dem merkwürdigen, noch ganz rätselhaften Lichtwechsel vielleicht nicht unwahrscheinlich sind. Anderseits ist zu bedenken, daß die Beobachtungen von Espin und vom Harvardobservatorium alle zur Zeit der normalen Helligkeit angestellt sind, wo ich das Spektrum stets unverändert gefunden habe, und daß diese Beobachtungen mit für so schwache Objekte ziemlich unzureichenden Mitteln ausgeführt sind. Daß das höchst eigentümliche Fehlen der Wasserstofflinien irgendwie mit der Ursache der Helligkeitsänderungen zusammenhängt, darf wohl angenommen werden. Es wäre sehr wünschenswert, wenn das Spektrum von R Coronae möglichst häufig untersucht würde, namentlich auch zu Zeiten, wo der Stern sich nicht in seiner normalen Helligkeit befindet."

12 in den Jagdhunden. Dieser unter dem Namen Herz Karls bekannte Stern ist ein Doppelstern 3.2 und 5.7 Größe, der keine Änderung in der Stellung des Begleiters zeigt. Er verdient bezüglich seiner Farbe aufmerksame Verfolgung, da sich über diese bei den einzelnen Beobachtern beträchtliche Differenzen zeigen. Das Spektrum des Hauptsternes zeichnet sich zunächst dadurch aus, daß die Mehrzahl der Linien außerordentlich schwach und schmal ist. „Auf der ganzen hier in Betracht kommenden Strecke des Spektrums befinden sich nur zwei auffällige Linien, nämlich die Mg-Linie λ 4481 und $H\gamma$. Erstere ist schmal und nicht sehr kräftig, letztere auf den stärker belichteten Platten ebenfalls schmal, aber doch sehr viel breiter und auch viel kräftiger als die Mg-Linie. Außer diesen beiden Linien treten noch zahlreiche sehr schwache, vielfach an der Grenze der Sichtbarkeit befindliche Linien auf; da sie aber fast ausnahmslos sehr schmal sind, so lassen sie sich verhältnismäßig gut messen. Sie können meist sicher mit Linien des Rowlandschen Sonnenspektrums identifiziert werden, und zwar hauptsächlich mit solchen des Eisens, Titans, Mangans, Calciums und Chroms."

Die Ausmessungen der Platten ergaben Radialgeschwindigkeiten zwischen —3.0 und +2.9 *km* pro Sekunde (—bezeichnet Annäherung des Sternes, + Entfernung), im Mittel —0.3 *km*. „Bei der Ausmessung der Platten," berichtet Dr. Ludendorff, „zeigte sich die auffällige Tatsache, daß auf verschiedenen Platten häufig ganz verschiedene Linien gemessen wurden. Bei der großen Schwäche der Mehrzahl der Linien glaubte ich zuerst, daß diese Erscheinung durch die Verschiedenheiten der Schwärzung, und überhaupt des Aussehens der Spektra zu erklären sei, und in vielen Fällen ist diese Erklärung auch ohne Zweifel richtig; aber eine Vergleichung gerade der besten Platten bewies ziemlich sicher, daß die relativen Intensitäten einer Anzahl von Linien wirklich veränderlich sind. Ich möchte einige Beispiele anführen, die bei einer Vergleichung der besten Platten unter dem Mikroskop besonders ins Auge fielen:

Die Chromlinie λ 4351.93 ist auf den Platten Nr. 1071 und Nr. 1641 sehr deutlich vorhanden, auf den ebenso guten Platten Nr. 1425, 1653, 1836 ist sie nicht sichtbar, oder doch ihre Existenz höchst zweifelhaft, auf Platte Nr. 1070 scheint an ihrer Stelle eine feine, äußerst schwache Doppellinie zu stehen, die ich aber nicht für reell halte.

Die Eisenlinie λ 4472.88 ist auf Platte Nr. 1836 deutlich, auf Nr. 1834 undeutlich, auf Nr. 1425, 1635, 1641 überhaupt nicht vorhanden.

Die Eisenlinie λ 4238.97 ist auf Platte Nr. 543 deutlich, auf Platte Nr. 1070 und 1071 dagegen nicht vorhanden.

Auch die Mg-Linie λ 4481 ist auf verschiedenen Platten von etwas verschiedenem Aussehen, bald ist sie schärfer, bald etwas weniger scharf. Irgendwelche Gesetzmäßigkeiten habe ich in den Veränderungen der Linien nicht finden können. Im ganzen konnte ich auf den zwölf Platten gegen 60 verschiedene Linien messen und identifizieren. Zu bemerken ist, daß Lockyer in dem Spektrum von α Andromedae, welches mit dem von 12 Canum venaticorum Ähnlichkeit besitzt, ebenfalls Änderungen in den Intensitäten der Linien gefunden hat."

Entdeckungen und Vermessungen neuer Doppelsterne auf der Licksternwarte. R. G. Aitken gab[1]) das 10. Verzeichnis von Doppelsternen, die am 36- und am 12-zolligen Refraktor der Licksternwarte von ihm entdeckt und vermessen worden sind. Dieselben sind in dem folgenden Kataloge aufgeführt. In demselben bezeichnet A die fortlaufende Nummer der von Aitken entdeckten Doppelsterne, die folgenden Kolumnen enthalten die Rektaszensionen und Deklinationen des Hauptsternes für 1900.0, das Datum der Beobachtung, den Positionswinkel, die scheinbare Distanz in Bogensekunden und die Größenklasse des Hauptsternes und seines Begleiters. Die letzte Kolumne enthält Bemerkungen über die Messungen an Sternen mit mehrern Begleitern und andere Verweise.

[1]) Lick Obs. Bulletin Nr. 109.

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1251	0 00 26	+54 43	1906.59	333.8	4.40	8.9—14.0	
1252	01 18	+51 40	1906.79	189.4	0.58	9.6—12.0	
1253	02 26	+52 13	1906.78	85.7	2.34	7.7—12.8	
1254	08 23	+43 38	1906.75	271.7	1.41	9.2— 9.8	
1255	09 10	+43 17	1906.89	347.7	4.02	8.0—10.8	
1256	10 03	+43 39	1906.78	4.0	0.13	7.2— 7.4	A u. B.
			1906.77	344.8	18.70	—13.0	AB u. C.
			1906.77	133.6	27.60	—14.5	AB u. D.
1257	29 10	+41 36	1906.74	290.4	1.89	8.9—13.8	
1258	48 35	+53 59	1906.56	206.8	0.56	8.9— 9.7	
1259	0 50 17	+53 34	1906.56	57.5	0.21	9.0— 9.1	
1260	1 07 39	+29 10	1905.95	255.4	0.22	9.3— 9.5	
1261	09 33	+30 40	1905.94	313.1	0.49	9.2— 9.5	
1262	19 21	+42 46	1906.83	345.6	0.28	9.4— 9.4	
1263	19 30	+43 34	1906.77	210.0	3.78	8.9—11.5	
1264	22 20	+54 40	1906.62	301.9	0.31	9.3— 9.9	
1265	31 07	+54 41	1906.59	348.2	0.51	9.7—10.0	B. u. C.
			1906.59	278.6	59.05	8.6—	A u. BC.
1266	32 54	+54 05	1906.71	236.8	0.20	7.5— 8.5	
1267	34 10	+54 26	1906.69	341.2	0.33	7.9— 8.5	
1268	35 23	+52 52	1906.71	275.5	0.19	9.4— 9.4	
1269	42 13	+52 43	1906.71	213.5	0.41	9.5—10.0	
1270	1 49 13	+53 50	1906.71	216.5	0.63	8.9— 9.1	
1271	2 10 10	+53 00	1906.87	349.7	4.51	8.8—12.0	
1272	10 48	+56 11	1906.87	24.8	1.24	8.5—10.7	
1273	11 03	+55 46	1906.87	336.2	3.64	8.9—12.5	
1274	12 40	+53 11	1906.90	254.0	0.35	9.0—10.5	
1275	22 02	+56 10	1906.90	24.3	0.76	9.5— 9.5	
1276	26 10	+55 53	1906.90	200.3	0.88	8.9— 9.8	
1277	31 11	+45 39	1906.74	2.3	3.95	9.0—12.0	
1278	31 38	+45 38	1906.74	283.2	0.23	8.6— 8.7	
1279	33 17	+54 53	1906.90	304.0	2.01	9.1— 9.4	
1280	34 33	+55 03	1906.87	338.9	0.30	7.6— 8.8	
1281	44 54	+45 35	1906.76	189.0	0.45	9.0—10.5	
1282	50 03	+55 14	1906.68	188.5	0.74	9.0—11.0	
1283	2 54 16	+46 51	1906.77	109.0	2.35	8.6 13.5	
1284	3 01 26	— 0 59	1906.01	33.4	4.00	8.9—11.2	
1285	11 18	— 0 48	1906.01	293.2	1.70	9.2—10.0	
1286	16 22	+54 13	1906.68	227.7	0.61	10.0—10.0	B u. C.
			1906.68	141.9	95.75	8.5—	A u. BC.
1287	18 10	+40 24	1906.93	93.8	2.78	7.5—13.5	
1288	18 12	+41 37	1906.93	8.5	0.80	8.8— 9.1	
1289	36 31	+52 09	1906.68	10.1	0.37	9.4— 9.5	
1290	40 17	+54 45	1906.70	223.2	0.58	8.5—12.6	
1291	42 59	— 0 52	1906.10	43.0	0.76	9.4—10.0	ein entfernter Stern bildet das Doppelsystem h=668
1292	45 45	— 0 28	1906.10	121.9	0.56	8.2—10.7	
1293	46 07	+52 59	1906.68	216.3	0.32	8.0— 8.4	
1294	3 57 58	+52 48	1906.68	195.8	1.68	8.0—11.7	
1295	4 01 03	— 1 39	1906.10	153.4	0.95	9.2—10.4	
1296	01 56	+52 25	1906.72	277.9	0.44	9.4—10.2	
1297	02 33	+52 54	1906.74	349.3	0.33	9.0—11.2	
1298	05 44	+25 43	1906.37	140.5	1.33	8.4—10.2	
1299	16 41	+45 34	1906.75	175.3	2.31	9.0—13.1	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1300	4 22 19	+53 30	1906.74	143.2	0.76	9.0—11.5	
1301	26 03	+44 54	1906.75	219.8	2.70	8.5—13.3	
1302	48 41	+44 22	1906.74	11.0	0.63	9.5—10.3	
1303	4 51 54	+53 18	1906.76	213.6	0.17	8.5— 8.5	
1304	5 06 01	+54 38	1906.85	84.5	1.66	8.6— 9.5	
1305	14 02	+56 27	1906.75	30.3	4.90	8.8—13.0	
1306	18 17	+44 18	1906.75	226.2	0.25	8.1— 9.1	
1307	28 56	+58 29	1906.86	131.7	4.02	8.4—12.2	
1308	29 13	+59 46	1906.89	101.6	4.82	9.0—14.5	
1309	38 34	+59 36	1906.89	351.2	0.30	9.2— 9.9	
1310	38 45	+56 28	1906.84	153.2	4.84	9.0—13.2	
1311	38 55	+57 46	1906.84	317.1	2.53	9.5— 9.5	
1312	42 32	+56 20	1906.87	54.8	2.98	9.0—12.8	
1313	42 42	+56 22	1906.89	137.0	0.66	9.1— 9.7	
1314	48 52	+58 30	1906.90	132.1	0.99	9.0—13.7	
1315	54 26	+58 13	1906.90	350.0	0.28	9.4— 9.4	
1316	5 55 59	+32 46	1906.30	188.2	4.60	8.4—14.2	
1317	6 00 45	+58 43	1906.90	175.8	0.45	9.1—10.4	
1318	03 31	+56 12	1906.87	20.2	3.95	8.8—12.0	
1319	14 59	+46 14	1906.77	139.1	0.65	6.9— 9.3	
1320	32 00	+59 00	1906.90	240.4	0.35	9.5— 9.5	
1321	44 43	+57 57	1906.87	309.6	0.29	9.4— 9.4	
1322	46 00	+56 53	1906.84	202.6	0.32	9.5— 9.8	
1323	50 20	+44 34	1906.77	353.5	1.65	9.0—10.5	
1324	55 45	+56 35	1906.83	316.4	0.25	9.3— 9.3	A u. B.
			1906.82	137.2	30.20	8.5—	AB u. C
1325	6 59 22	+59 24	1906.00	313.4	2.83	8.8—11.2	= Σ 1002.
1326	7 04 27	+46 11	1906.81	359.9	0.29	9.0—10.3	
1327	07 49	— 9 41	1906.03	188.6	2.26	8.2—12.2	
1328	08 01	— 9 32	1906.03	346.1	2.78	8.9—11.2	
1329	11 29	+58 47	1906.00	291.0	1.01	8.9—11.7	
1330	40 39	+53 25	1906.88	124.4	0.40	9.2— 9.4	
1331	40 50	+53 55	1906.88	249.8	2.95	8.5—12.5	
1332	59 08	+56 52	1905.95	31.9	4.96	9.0—13.7	
1333	7 59 18	+54 24	1906.83	248.4	0.19	8.5— 8.5	
1334	8 00 03	+56 44	1905.95	245.5	4.94	9.0—13.2	
1335	02 17	+56 06	1906.00	198.4	1.43	7.7 11.3	
1336	20 28	— 1 47	1906.14	224.2	4.56	9.0—10.5	
1337	22 48	+59 40	1906.03	231.5	2.84	9.0—11.2	
1338	25 43	— 0 27	1906.14	27.4	3.36	9.0—10.5	
1339	30 08	— 9 04	1905.47	196.0	1.81	9.0—11.0	
1340	8 56 24	— 6 26	1905.58	360.0	0.49	8.4—10.5	
1341	9 17 55	+53 49	1906.96	47.8	2.01	8.0—12.2	
1342	17 58	— 9 25	1906.22	28.6	0.15	7.0— 7.0	
1343	19 02	+54 10	1906.96	324.2	0.50	9.0— 9.5	
1344	44 34	—10 05	1906.22	180.1	0.27	9.4— 9.6	
1345	52 09	— 8 54	1906.22	226.6	3.92	8.4—11.7	
1346	52 26	+53 44	1906.96	150.7	0.42	8.5— 9.2	
1347	9 56 33	+58 01	1906.85	23.0	0.39	8.6— 9.7	
1348	10 09 57	+58 07	1906.86	204.8	1.70	9.1—12.2	B u. C.
			1906.82	318.4	8.95	9.1— 9.1	A u. B
1349	14 03	+59 06	1906.86	166.2	2.58	9.0—12.0	= h 1176.
1350	26 17	— 1 56	1906.18	323.0	2.60	9.1— 9.4	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklassen	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1351	10 35 34	— 1 40	1906.24	23.5	0.45	9.3— 9.5	
1352	46 50	+58 14	1906.10	31.6	1.32	9.0—12.0	
1353	11 07 46	+55 58	1906.16	199.6	0.49	7.7— 8.4	
1354	21 37	+55 46	1906.30	128.2	1.12	7.7—11.2	
1355	22 34	+56 13	1906.30	359.6	1.44	7.7—12.2	
1356	35 49	— 2 14	1906.36	270.8	1.31	8.7—10.8	
1357	11 45 20	— 1 52	1906.36	314.6	1.77	8.0—12.5	
1358	12 00 32	+57 32	1906.32	226.2	0.80	9.2— 9.2	
1359	13 06 30	+31 22	1906.50	120.8	0.29	8.9—10.3	A u. B.
			1906.47	247.8	8.46	8.8—11.0	AB u. C
1360	13 49	+59 17	1906.32	129.4	0.58	8.0—12.2	= Σ 1729
1361	23 36	+56 33	1906.32	36.2	3.38	8.7—14.5	
1362	13 25 11	+56 45	1906.32	114.6	1.98	7.5—10.7	
1363	14 03 59	+29 38	1906.02	225.9	2.07	9.0—14.7	
1364	49 14	+34 51	1906.54	289.8	3.80	9.1—10.2	
1365	14 55 42	+34 34	1906.54	235.0	1.75	9.0—10.5	
1366	15 12 14	+34 40	1906.57	78.1	3.72	8.8—10.7	
1367	20 26	+36 40	1906.57	135.1	0.64	9.4— 9.5	
1368	24 36	+73 46	1906.45	259.6	5.59	8.1—13.0	
1369	24 43	+31 22	1906.44	141.3	3.90	9.2—10.0	
1370	15 53 24	+21 11	1906.57	62.8	0.46	8.9—10.8	
1371	17 37 52	+21 06	1906.57	104.0	0.30	8.5— 9.5	
1372	40 24	+70 23	1905.48	86.4	0.97	10.0—11.5	
1373	54 34	+70 10	1905.48	337.3	2.54	9.4—12.7	
1374	55 50	+21 54	1906.54	10.3	0.73	8.6—10.3	
1375	17 56 09	+21 12	1906.54	92.5	1.58	9.2—10.2	
1376	18 11 04	+52 40	1906.75	38.2	0.28	9.3— 9.3	
1377	31 41	+52 16	1906.42	269.3	0.15	6.0— 6.0	A u. B.
			1906.37	271.9	25.60	5.5— 8.5	AB u. C = Σ 2948
1378	36 12	+53 48	1906.75	106.1	0.39	8.5— 9.5	A u. B.
			1906.77	304.7	9.13	—14.5	AB u. C.
1379	36 20	+52 38	1906.44	210.8	1.73	9.2— 9.5	
1380	37 10	+55 54	1906.46	14.0	0.75	9.3— 9.7	
1381	38 46	+36 10	1906.49	302.3	0.67	9.3— 9.4	
1382	44 57	+53 49	1906.41	226.0	4.46	9.0—12.2	
1383	49 21	+36 07	1906.49	295.7	1.21	8.6—10.7	
1384	49 59	+48 54	1906.80	39.3	0.58	9.4— 9.7	
1385	51 52	+35 49	1906.50	281.0	0.45	8.5—10.4	A u. B.
			1906.51	304.8	20.50	—13.0	A u. C.
1386	56 38	+49 27	1906.80	35.4	2.00	8.4—12.7	
1387	57 16	+54 42	1906.75	2.0	0.39	8.7— 8.7	
1388	18 58 44	+53 02	1906.75	260.1	4.92	8.9—13.4	
1389	19 02 59	+55 44	1906.76	251.4	0.25	9.5— 9.5	
1390	05 25	+48 55	1906.80	263.4	4.40	7.7—12.5	
1391	08 27	+54 19	1906.75	60.3	0.32	8.5— 9.2	
1392	13 44	+54 47	1906.51	93.0	0.20	7.8— 8.1	
1393	16 21	+53 47	1906.39	239.7	0.64	7.7— 9.3	
1394	17 50	+53 22	1906.39	176.0	1.41	8.6—12.5	
1395	19 15	+55 32	1906.51	249.1	1.03	8.4—12.7	
1396	26 58	+54 36	1906.51	293.3	1.69	8.5—11.2	
1397	28 33	+38 36	1906.52	93.6	1.85	9.4— 9.4	
1398	28 38	+53 49	1906.51	56.8	1.40	8.5—10.7	
1399	30 20	+54 20	1906.51	79.9	1.35	9.1—10.0	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1400	19 32 12	+39 48	1906.53	289.7	0.31	8.0—10.0	
1401	36 51	+53 23	1906.73	178.3	3.52	9.0—11.2	
1402	37 48	+38 37	1906.51	215.2	3.02	9.2— 9.7	
1403	37 53	+55 31	1906.45	187.1	0.22	8.9— 9.1	
1404	42 28	+39 39	1906.53	322.1	0.21	7.5— 8.2	A u. B.
			1906.51	272.6	19.70	—13.0	AB u. C.
			1906.51	79.2	21.90	—12.0	AB u. D.
1405	44 14	+38 18	1906.52	220.9	0.33	9.1— 9.7	
1406	47 26	+38 55	1906.52	269.3	1.05	8.9—11.5	
1407	52 33	+38 29	1906.52	150.8	1.02	9.3— 9.4	
1408	52 48	+37 34	1906.57	182.8	1.48	9.0—12.2	
1409	54 24	+38 24	1906.53	33.9	0.49	8.4—10.0	
1410	55 02	+52 35	1906.39	198.7	1.23	9.1— 9.9	
1411	58 24	+38 23	1906.52	203.6	1.09	8.5—12.2	A u. B.
			1906.51	207.6	10.23	—13.0	A u. C.
			1906.51	117.8	22.90	—13.5	A u. D.
1412	19 59 45	+37 58	1906.57	215.9	0.72	8.8—11.5	
1413	20 00 52	+36 24	1906.57	138.4	2.21	9.1— 9.9	
1414	01 56	+37 29	1906.49	22.3	0.21	9.5—10.2	
1415	03 14	+37 01	1609.49	233.6	3.74	8.8—14.0	
1416	03 58	+38 20	1906.57	42.0	4.70	7.9—10.8	
1417	06 05	+53 03	1906.39	167.0	0.62	8.0—12.5	
1418	08 01	+38 35	1906.57	326.6	2.98	7.5—11.7	
1419	10 21	+36 48	1906.49	25.9	0.54	9.0—11.0	
1420	10 36	+36 38	1906.49	80.0	0.45	9.5— 9.5	
1421	11 10	+38 09	1906.57	12.6	1.63	9.0—10.7	
1422	11 41	+54 26	1906.78	348.4	2.29	8.8—13.5	
1423	13 17	+37 07	1906.49	128.4	4.56	8.1—11.8	
1424	14 47	+39 31	1906.55	50.1	0.96	8.9—12.3	
1425	15 11	+37 58	1906.51	296.7	0.15	8.1— 8.1	A u. B.
			1906.50	311.0	8.78	7.5—13.5	AB u. C.
1426	15 58	+38 01	1906.51	258.9	3.31	8.8—14.3	
1427	16 38	+39 05	1906.55	111.9	0.25	7.0— 9.0	A u. B.
			1906.54	286.3	3.26	7.0— 9.0	AB u. C
1428	21 05	+52 12	1906.39	216.8	0.26	8.1— 9.0	= Σ 2668
1429	23 07	+54 49	1906.73	196.8	0.71	8.0— 9.0	
1430	26 42	+38 13	1906.63	135.0	3.05	8.4—13.3	
1431	29 59	+38 14	1906.63	35.8	0.75	8.2— 9.3	
1432	35 49	+36 37	1906.78	120.5	0.43	9.3— 9.5	
1433	38 20	+39 53	1906.61	25.3	0.74	9.0—11.0	
1434	44 14	+38 55	1906.61	256.5	2.30	6.7—13.7	
1435	48 42	+36 32	1906.55	341.3	0.38	8.6— 8.9	
1436	52 47	+38 35	1906.54	42.4	0.47	9.5— 9.6	
1437	53 35	+52 26	1906.48	326.4	0.73	9.0—12.2	
1438	57 10	+39 36	1906.54	224.1	0.25	8.5— 8.5	
1439	20 58 41	+53 58	1906.53	249.8	4.14	9.0—12.8	A u. B.
			1906.59	344.0	15.70	9.0—13.0	A u. C.
1440	21 11 26	+39 52	1906.51	213.9	1.12	9.0—10.0	
1441	13 11	+39 36	1906.51	353.3	0.27	9.1— 9.3	
1442	22 25	+38 43	1906.55	271.3	0.96	9.0—11.0	
1443	28 48	+38 38	1906.62	203.6	0.36	8.5— 9.3	
1444	35 41	+37 22	1906.62	277.9	1.05	9.4— 9.4	
1445	35 49	+39 04	1906.62	280.3	1.46	6.5—12.5	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1446	21 35 50	+39 14	1906.62	43.4	1.13	9.4—10.2	
1447	40 21	+39 05	1906.62	301.5	0.36	9.5— 9.7	
1448	45 08	+37 48	1906.62	333.2	4.55	9.0—13.6	
1449	51 22	+38 21	1906.55	24.0	0.40	9.1— 9.1	
1450	54 39	+37 27	1906.54	189.2	3.90	8.5—12.5	
1451	56 54	+38 46	1906.73	351.8	0.11	7.3— 7.6	
1452	21 57 42	+36 58	1906.55	281.7	1.37	9.0—11.8	
1453	22 01 08	+38 29	1906.55	314.1	0.42	9.1— 9.5	
1454	01 52	+53 53	1906.73	210.2	1.70	9.1— 9.9	
1455	05 58	+39 35	1906.59	103.2	0.84	9.0—10.7	
1456	07 32	+53 17	1906.47	178.2	6.24	9.0—10.8	A u. B.
			1906.47	255.8	3.34	10.8—10.8	B u. C.
1457	07 40	+52 30	1906.46	285.2	0.19	8.8— 9.1	
1458	08 41	+36 23	1906.59	333.3	0.62	9.2—10.0	
1459	10 42	+55 19	1906.73	328.1	1.34	8.9—12.0	
1460	14 27	+55 37	1906.73	197.5	1.54	8.5—13.7	
1461	15 27	+55 37	1906.73	89.5	1.45	9.5— 9.9	
1462	17 34	+52 54	1906.52	285.3	0.45	9.3— 9.7	
1463	21 54	+56 00	1906.73	339.9	0.92	8.7— 9.8	
1464	22 33	+53 36	1906.49	98.0	4.72	7.5—14.0	
1465	23 32	+52 27	1906.52	153.2	0.86	8.0—11.5	
1466	26 19	+38 52	1906.67	164.5	0.79	9.5—10.0	
1467	26 24	+39 36	1906.54	341.5	0.40	8.9— 9.4	
1468	30 11	+53 34	1906.55	255.9	0.26	7.7— 7.7	Der Stern C von Σ 2922 u. schwacher Begleiter.
1469	31 26	+39 07	1906.59	257.4	1.40	9.7—14.4	
1470	31 40	+52 41	1906.55	269.3	0.17	8.7— 8.7	
1471	31 56	+39 52	1906.56	22.1	1.92	8.5—14.2	
1472	32 35	+36 41	1906.68	275.3	0.31	9.1— 9.8	
1473	35 41	+54 10	1906.71	285.6	1.24	9.0— 9.8	
1474	41 03	+54 27	1906.71	163.7	0.33	9.4— 9.5	
1475	41 59	+54 38	1906.71	197.6	2.34	8.8—12.9	
1476	49 24	+36 22	1906.67	277.1	0.72	9.1— 9.9	
1477	53 38	+54 07	1906.72	333.4	0.70	8.3—10.2	
1478	55 36	+36 49	1906.62	39.7	3.66	8.2—12.0	
1479	22 56 24	+54 40	1906.72	121.2	5.15	8.5—13.0	
1480	23 06 57	+36 58	1906.62	247.3	0.47	9.2— 9.7	
1481	09 00	+38 59	1906.62	128.0	0.38	9.2— 9.3	
1482	11 42	+53 52	1906.73	283.8	1.28	9.0— 9.0	
1483	18 52	+37 06	1906.67	307.6	0.78	9.2— 9.4	
1484	18 56	+52 25	1906.72	104.6	4.34	9.0—13.2	A u. B.
			1906.71	315.7	10.58	9.0—14.7	A u. C.
1485	22 10	+54 01	1906.73	221.2	0.49	8.6— 9.4	
1486	23 54	+54 51	1906.73	253.8	0.65	9.0—10.3	
1487	24 21	+40 09	1906.67	187.7	0.88	8.6— 9.2	
1488	27 14	+54 07	1906.62	75.2	2.73	9.0—14.6	
1489	27 49	+49 16	1906.78	18.4	0.48	9.1—10.0	
1490	28 42	+51 37	1906.78	206.7	0.86	8.2—12.2	
1491	31 31	+53 55	1906.57	281.4	0.86	8.4—10.0	
1492	32 15	+38 54	1906.68	212.0	1.55	9.3—11.0	
1493	33 22	+54 41	1906.62	214.1	0.20	8.8— 9.1	
1494	37 26	+38 30	1906.68	188.9	0.33	9.1— 9.5	
1495	37 36	+54 03	1906.57	158.5	0.49	8.7— 8.9	

A	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1496	23 47 47	+38 08	1906.71	172.1	0.33	8.6—10.3	A u. B.
			1906.68	250.4	15.57	8.3— 9.5	AB u. C
1497	52 46	+53 01	1906.62	228.1	1.79	9.1—10.6	= Σ 3043.
1498	54 27	+54 08	1906.59	67.6	0.38	8.3— 8.6	
1499	57 28	+55 01	1906.62	207.8	0.99	8.3— 9.5	
1500	23 58 11	+52 59	1906.62	225.8	0.32	9.4— 9.5	

W. J. Hussey veröffentlichte den 12. Katalog der von ihm auf der Licksternwarte entdeckten Doppelsterne.[1]) Derselbe ist in folgendem Verzeichnis wiedergegeben.

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1201	0 00 21	+33 33	1904.614	310.4	0.16	7.6— 9.0	
			1905.808	314.6	0.17		
1202	15 53	+35 06	1905.93	204.0	1.10	9.2— 9.7	
1203	24 10	—18 22	1906.80	192.3	1.54	9.3—10.0	
1204	40 39	—21 27	1906.80	266.8	1.24	8.8—11.8	
1205	46 33	—19 03	1906.80	103.6	0.52	9.4— 9.5	
1206	50 23	—20 41	1906.80	102.7	1.69	9.2—10.0	
1207	50 41	+33 20	1904.658	173.8	0.30	8.8— 8.8	
			1905.852	174.0	0.31		
1208	51 58	—15 40	1904.825	201.4	0.93	8.8— 9.0	
			1906.780	199.7	0.80		
1209	1 05 00	+16 04	1904.784	218.8	0.81	9.0—12.5	Der Hauptstern v. Σ 94
			1905.578	217.6	0.81		
1210	36 20	+49 30	1902.712	68.3	0.14	9.5— 9.5	
			1906.553	63.8	0.20		
1211	40 00	—20 39	1906.90	115.1	3.12	8.6—11.7	
1212	45 39	—24 16	1904.784	198.9	4.72	8.4—13.0	
			1906.849	198.0	4.63		
1213	46 36	+12 56	1904.708	143.6	0.15	9.0— 9.0	
			1905.669	152.4	0.18		
1214	1 47 11	+14 43	1904.784	228.9	3.54	9.0—13.0	
			1905.669	227.5	3.22		
1215	2 07 09	+15 20	1904.784	329.4	1.62	9.2—12.5	
			1905.669	326.2	1.30	—11.0	
1216	2 32 18	—11 38	1900.896	249.3	0.31	8.0— 9.5	
			1906.87	261.6	0.48		
1217	3 53 06	+33 38	1904.960	46.2	3.44	9.0—10.5	
			1905.669	44.9	3.64		
1218	4 33 17	+15 22	1904.940	72.1	1.64	9.0—10.0	
			1905.748	71.8	1.52		
1219	37 56	+12 09	1904.940	279.2	0.77	9.0— 9.5	
			1905.748	277.8	0.79		
1220	51 11	+33 10	1904.960	11.9	4.30	9.0—12.0	
			1905.669	14.2	4.09		

[1]) Lick Obs. Circular Nr. 117.

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1221	4 57 23	+33 45	1904.960	40.3	3.70	9.2—12.0	
			1905.669	38.7	3.38	—10.2	A u. B.
			1904.960	63.9	0.83	12.0—13.5	
			1905.669	62.7	0.73	10.2—12.5	B u. C.
1222	5 01 59	+14 05	1904.697	169.4	0.22	9.0— 9.2	
			1905.748	166.9	0.21		
1223	07 10	+33 16	1904.960	193.2	0.52	9.0—13.5	
			1905.669	191.0	0.52	—11.5	
1224	09 09	+12 25	1905.79	132.0	0.93	8.2— 9.0	
1225	17 16	+14 16	1904.940	321.0	3.54	7.5—12.0	
			1905.748	319.1	3.21		
1226	19 22	+15 16	1904.940	56.9	0.72	9.0— 9.6	
			1905.748	58.9	0.86		
1227	20 21	+38 30	1904.861	135.8	0.46	9.1—10.0	
			1905.707	137.9	0.46		
1228	24 09	+13 30	1904.940	320.2	0.35	9.0— 9.0	
			1905.748	318.1	0.40	9.3— 9.7	
1229	28 38	+37 50	1905.321	201.6	1.74	7.5—13.0	
			1905.707	198.2	1.69		
1230	5 36 01	—15 08	1906.88	316.8	2.26	9.1—11.0	
1231	5 37 52	—16 47	1906.84	39.8	0.68	9.0—10.0	
1232	39 09	+35 55	1906.00	247.2	0.44	9.2— 9.2	
1233	41 41	+36 09	1905.321	26.0	0.59	8.0— 9.0	
			1905.707	22.8	0.61		
1234	50 24	+36 22	1905.321	124.9	0.65	8.8— 8.8	
			1905.707	127.0	0.55		
1235	50 37	+36 00	1906.00	106.1	0.32	8.5— 8.5	
1236	5 55 47	+36 20	1906.00	26.0	0.49	9.6— 9.8	
1237	5 56 25	—15 38	1905.112	193.6	1.63	9.2— 9.5	
			1906.810	15.1	1.58	9.8— 9.3	
1238	6 00 54	+15 11	1904.940	300.1	1.03	9.2—13.8	
			1905.748	300.2	0.86	—12.0	
1239	03 45	—15 25	1905.112	182.5	2.16	9.0—12.0	
			1906.810	179.9	2.07		
1240	15 34	—17 38	1905.112	241.0	0.89	8.0—11.5	
			1906.810	239.3	0.90		
1241	17 07	—14 21	1906.96	84.6	0.74	9.3— 9.5	
1242	6 28 29	+35 02	1904.822	136.7	0.85	9.1—10.8	
			1906.301	139.8	0.67		
1243	7 15 02	—15 42	1905.165	72.1	0.72	8.5— 8.5	
			1906.953	70.3	0.79		
1244	26 34	+14 18	1905.324	79.0	0.35	9.8— 9.8	
			1905.808	78.6	0.32		
1245	36 52	+13 29	1905.324	85.7	1.50	9.0—13.5	
			1905.808	85.4	1.45	—11.0	
1246	7 37 22	+13 24	1905.324	317.4	1.29	9.3—12.0	
			1905.808	314.9	1.19		
1247	7 39 19	+60 33	1900.932	36.3	0.15	8.0— 8.0	
			1905.184	319.9	0.15		
			1905.863	313.3	0.22		
1248	8 01 36	+51 36	1904.697	139.3	1.23	8.2—14.0	
			1905.808	141.5	0.99	—13.0	

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1249	8 09 26	−17 22	1905.165	112.6	0.45	8.3— 8.8	
			1906.953	113.2	0.49		
1250	14 31	+50 40	1904.697	182.7	0.73	8.5—10.0	
			1905.808	181.0	0.67	9.0—11.0	
1251	8 39 38	+15 45	1905.171	279.0	0.70	9.0—10.5	
			1906.293	278.5	0.60		
1252	9 35 56	+39 42	1904.954	183.4	0.57	8.2—12.0	
			1906.301	181.1	0.66		
1253	9 57 16	−14 33	1905.165	95.0	0.35±	7.5— 9.1	
			1906.953	97.8	0.44		
1254	10 09 50	+12 23	1905.171	41.7	0.61	9.2— 9.5	
			1906.293	38.2	0.58		
1255	10 34 21	−13 59	1904.401	71.5	0.44	9.2— 9.2	
			1906.350	80.5	0.54	—10.0	
1256	11 48 42	+20 54	1904.267	251.4	0.60±	8.8—10.0	
			1906.342	247.3	0.46		
1257	11 50 01	+14 57	1905.168	123.1	0.22	9.0— 9.2	
			1906.342	119.5	0.28		
1258	13 01 12	+65 08	1905.228	227.4	0.70	9.2— 9.5	
			1905.534	227.4	0.61		
1259	13 19 18	+39 03	1905.187	179.5	0.15±	9.5— 9.8	
			1906.474	179.9	0.22		
1260	20 54	+36 19	1905.187	26.0	0.34	9.5— 9.5	
			1906.474	26.4	0.28		
1261	13 40 44	+59 52	1905.258	111.5	1.51	7.0—13.0	
			1905.92	107.2	1.07	—11.0	
1262	13 48 59	−21 45	1905.321	281.7	0.78	6.7—10.0	
			1907.147	281.9	0.76		
1263	14 01 46	+39 17	1905.187	24.8	0.31	9.5— 9.5	
			1906.268	24.6	0.37		
1264	06 54	+36 56	1905.320	2.7	1.20	9.0—10.5	
			1906.268	3.7	1.23		
1265	10 15	+61 29	1905.258	307.8	0.85	9.0—10.0	
			1905.534	302.9	0.81		
1266	14 12 11	+34 00	1904.53	10.2	0.16	9.5—9.7	
			1905.60	16.1	0.20		
1267	15 51	+60 02	1905.258	208.1	0.87	9.1—12.5	
			1905.534	211.5	0.94	—11.0	
1268	25 25	+36 39	1905.378	294.5	0.30	9.0— 9.5	
			1906.268	292.7	0.37		
1269	31 04	+12 24	1905.320	53.0	0.39	9.0— 9.5	
			1905.518	54.2	0.40		
1270	45 44	−16 34	1904.439	218.0	0.31	8.6—10.0	
			1907.278	219.3	0.32		
1271	46 41	−19 02	1905.321	34.9	0.68	8.8—10.5	
			1907.309	29.0	0.58		
1272	14 47 01	−17 58	1904.439	25.6	0.62	10.0—10.0	
			1907.278	27.0	0.63		
1273	15 11 31	+36 20	1905.378	83.9	0.30	9.5—10.0	
			1906.561	74.6	0.43		
1274	15 49 13	−19 05	1904.439	153.7	0.44	6.5— 8.5	
			1907.309	154.1	0.44		

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1275	16 14 44	+39 11	1905.381	168.8	2.86	9.0—12.5	
			1906.285	168.5	2.62		
1276	21 23	+39 39	1905.381	167.8	0.53	8.5—13.0	
			1906.285	168.6	0.53	—11.5	
1277	39 37	+13 48	1905.406	10.1	3.00	8.0—12.5	
			1905.518	5.8	2.81	13.7	
1278	47 41	+15 46	1905.406	168.4	0.81	9.5— 9.5	
			1905.518	165.5	1.09		
1279	16 55 08	+13 27	1905.324	159.6	1.85	9.4—10.0	
			1905.518	160.6	1.63		
1280	17 02 24	—19 40	1904.439	10.8	0.30	9.2— 9.5	
			1907.300	9.3	0.31		
1281	20 49	+14 03	1905.324	104.7	1.90	9.5—9.5	
			1905.496	105.1	1.76		
1282	31 13	+49 46	1904.404	120.1	0.31	9.0—10.0	
			1905.723	120.1	0.31		
1283	38 22	+12 18	1905.324	344.1	0.26	9.0— 9.8	
			1905.723	346.5	0.27		
1284	39 01	+13 00	1905.324	69.4	1.04	9.0—11.0	
			1905.496	69.4	0.93		
1285	39 27	+22 39	1905.66	251.7	0.42	9.4— 9.4	
1286	40 17	+22 39	1905.66	270.2	3.15	9.6—10.2	
1287	41 08	+15 55	1905.406	77.9	2.20	9.2— 9.8	
			1905.496	76.7	2.08		
1288	42 38	+15 04	1905.406	116.2	0.24	8.0— 8.5	
			1905.723	115.4	0.27		
1289	17 54 04	+13 54	1905.406	96.7	0.56	8.7—12.0	
			1905.723	97.5	0.57		
1290	18 04 29	+62 15	1905.171	138.4	0.43	8.5— 8.8	
			1905.707	136.9	0.41		
1291	12 48	+36 23	1905.397	337.4	0.43	8.8— 9.5	
			1905.592	339.2	0.49		
1292	22 10	+61 36	1905.171	139.2	0.21	9.0— 9.0	
			1905.707	140.2	0.24		
1293	31 04	+36 03	1905.397	81.8	0.91	7.5—14.5	
			1905.592	78.1	0.86	—12.0	
1294	50 29	+32 07	1904.494	118.5	1.65	9.0—10.5	
			1905.592	121.2	1.56		
1295	57 51	+32 44	1904.494	283.9	0.24	8.8—10.0	
			1905.592	275.6	0.24		
1296	18 58 14	+32 01	1904.494	113.9	0.38	9.0—10.5	
			1906.476	112.2	0.42		
1297	19 04 24	+13 35	1905.324	199.4	1.94	9.2—11.0	
			1905.496	196.8	1.95		
1298	05 41	+15 57	1905.324	19.8	0.22	9.3— 9.3	
			1905.723	23.4	0.20		A u. B.
			1905.324	265.0	2.71	—15.0	
			1905.723	264.3	2.89	—13.5	AB u. C.
1299	15 07	+33 24	1904.494	337.1	0.35	9.2—10.5	
			1905.592	337.0	0.37		
1300	16 31	+34 00	1904.494	172.2	0.84	8.3— 9.5	
			1905.592	171.2	0.81		

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Datum	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse	Bemerkungen
	h m s	° ′		°	″		
1301	19 17 05	+34 16	1904.494	135.0	4.84	8.8—12.0	
			1905.592	135.7	4.54		
1302	19 24 06	+36 14	1905.397	248.4	0.40	9.0— 9.5	
			1905.592	248.5	0.50		
1303	25 04	+36 59	1905.397	312.5	0.80	7.6— 9.0	A u. B.
			1905.592	311.1	0.83		
			1905.592	69.8	4.52	—14.0	A u. C.
1304	32 22	+65 48	1904.899	267.3	0.86	8.3— 8.8	
			1905.929	265.5	0.69		
1305	37 34	+15 19	1905.324	84.3	0.30	9.0—10.5	
			1905.723	83.7	0.32		
1306	52 04	+35 48	1905.65	182.6	0.50	9.3— 9.6	
1307	19 55 27	+66 01	1904.899	38.1	0.84	8.4— 9.5	
			1905.929	35.9	0.93		
1308	56 20	+34 07	1905.65	1.9	0.54	8.5— 9.0	
1309	21 06 13	+37 01	1905.378	172.0	2.93	9.5—10.5	
			1905.592	174.9	2.80		
1310	06 39	+37 13	1905.378	22.7	2.24	9.0—11.0	
			1905.592	21.9	2.52		
1311	09 21	+37 09	1905.378	143.8	3.82	9.0—12.5	
			1905.592	144.6	3.57	—11.0	
1312	18 34	—20 13	1904.825	81.1	2.84	8.8— 9.3	
			1906.780	80.9	2.64		
1313	25 26	—18 06	1906.80	252.8	0.51	9.4— 9.6	
1314	21 52 49	+65 12	1904.753	95.7	0.20	9.0— 9.0	
			1905.929	96.0	0.23		
1315	22 15 50	+49 03	1904.968	21.5	4.43	8.8—13.5	
			1905.701	19.1	4.21		
1316	18 41	+67 32	1904.751	46.9	1.71	9.0—10.5	
			1905.929	45.2	1.62		
1317	22 24 06	+13 49	1904.968	303.0	0.49	9.0— 9.0	
			1905.558	306.4	0.50		
1318	25 57	+50 51	1904.968	12.3	0.69	9.1— 9.1	
			1905.701	10.8	0.62		
1319	22 26 34	+48 25	1904.986	36.7	0.25±	9.0— 9.2	
			1906.695	34.1	0.28		
1320	28 45	+48 52	1904.968	269.7	0.19	8.2— 8.2	
			1905.701	274.6	0.21		
1321	30 34	+49 29	1904.968	178.8	3.16	8.8— 9.0	
			1905.701	178.2	3.05		
1322	23 05 35	+51 26	1904.968	128.4	0.30±	9.0— 9.2	
			1905.701	125.0	0.29		
1323	16 13	+62 01	1904.66	345.6	2.50	8.3—12.5	
1324	33 12	+65 27	1906.33	231.4	0.31	9.2— 9.4	
1325	35 02	+12 25	1904.968	183.7	0.66	8.8—11.5	
			1905.61	169.4	0.59	9.3—10.8	
1326	40 36	+60 29	1905.73	242.5	0.70	9.1—10.5	
1327	47 23	+12 19	1904.968	35.8	1.52	8.8— 9.2	
			1905.554	35.4	1.39		

Südliche Doppelsterne

Hu	R. A. 1900.0	Dekl. 1900.0	Positionswinkel	Distanz	Größenklasse
	h m s	° ′			
1328	0 5 6.0	—49 46.0	s	$1^{\prime\prime}/_2$	8.3... 8.8
1329	0 23 27.8	—46 25.0	sf	4	8.3...10.5
1330	19 31 47.5	—43 16.0	nf	2	8.6...10.5
1331	20 42 34.3	—47 10.8	sp	1	8.9...11.0
1332	20 49 53.0	—49 3.4	f	5	7.8...11.5
1333	20 59 39.3	—46 10.7	np	2	7.5...11.0
1334	22 20 44.9	—46 7.6	np	$^1/_2$	8.0... 8.5
1335	22 52 50.7	—46 3.6	f	$^1/_2$	8.0... 8.2
1336	23 34 31.0	—48 8.6	p	$1^1/_2$	8.8...10.5
1337	23 34 37.7	—47 52.8	sf	2	7.0...11.0

Von Espin aufgefundene Doppelsterne. J. E. Espin gab[1]) ein Verzeichnis der von ihm aufgefundenen Doppelsterne im Anschluß an das früher mitgeteilte. Dasselbe folgt nachstehend, und es bezeichnet darin Nr. die fortlaufende Nummer, BD die Nummer in der Bonner Durchmusterung, R. A. und D gelten für 1900, P bezeichnet den Positionswinkel, D die scheinbare Distanz des Begleiters in Bogensekunden, M die Helligkeitsklassen des Hauptsternes und seines Begleiters. In der letzten Kolumne ist das Datum der Messungen in Teilen des Jahres angegeben.

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
		h m	° ′	°	″		
312	—	0 12.0	+34 35	237.3	2.15	9.6 10.0	1906.95
313	+32. 58	0 18.2	+32 27	16.3	3.95	8.7 12.7	1906.95
314	+28. 95	0 30.6	+28 41	201.7	8.36	8.5 14.0	1906.77
315	+28. 101	0 32.5	+28 40	77.7	2.04	9.1 9.4	1906.78
316	+32. 154	0 47.3	+32 43	292.3	1.92	9.3 9.7	1906.95
317	—	0 54.9	+31 56	187.1	6.59	9.2 9.4	1906.71
318	+30. 223	1 21.0	+30 55	71.0	2.72	9.5 11.0	1906.71
319	+32. 256	1 22.9	+33 2	290.7	1.75	9.3 9.8	1906.95
320	+33. 310	1 46.5	+33 25	161.2	1.87	8.5 9.5	1906.95
				259.8	9.95	C = 10.0	1906.95
321	+29. 333	1 51.6	+30 5	181.2	3.63	9.2 10.0	1906.82
322	+32. 374	1 59.6	+32 39	92.2	2.32	9.5 9.6	1906.96
323	+33. 425	2 21.9	+33 39	179.8	6.35	9.1 10.3	1906.96
324	+28. 448	2 33.2	+28 28	20.2	1.80	9.1 11.0	1906.97
				185.8	32.75	A = 9.0	1906.97
325	+30. 465	2 49.8	+31 10	0.1	12.92	7.9 12.5	1906.94
326	+31. 536	2 59.6	+31 39	36.1	4.79	9.8 10.8	1906.91
				35.8	102.33	A = 8.0	1906.88
327	+32. 652	3 33.5	+33 9	292.9	14.00	8.3 12.0	1906.95
328	+34. 761	3 47.1	+34 46	288.4	6.82	8.3 14.0	1906.99
329	+30. 601	3 53.7	+30 31	255.9	7.27	9.0 12.5	1906.94
330	+31. 834	4 51.7	+31 7	156.1	3.95	9.2 12.0	1906.92
331	+35. 971	4 59.1	+35 32	314.0	7.60	8.6 11.0	1906.95

[1]) Monthly Notices Royal Astron. Soc. **67**. Nr. 3. January 1907. p. 194.

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
		h mi	° ′	″	″		
332	+33.1017	5 14.8	+33 17	210.1	14.65	8.3 8.5	1906.95
333	+31. 936	5 15.2	+31 22	36.7	3.37	9.2 9.3	1906.92
334	S 483	5 21.8	+33 42	347.9 50.5	15.09 95.48	8.0 14.0 A = 7.0	1906.11 1906.11
335	+32.1012	5 23.9	+32 34	330.6	2.65	9.1 9.2	1906.95
336	+31.1027	5 31.0	+31 43	258.6	8.47	8.7 9.0	1906.92
337	+31.1191	5 49.0	+33 13	296.7	5.45	9.1 12.0	1906.92
338	+36.1361	6 0.9	+36 37	19.5	8.17	8.5 11.5	1906.94
339	+32.1460	6 54.8	+32 33	186.7	16.40	6.5 13.0	1907.04
340	+31.1491	7 0.1	+31 51	139.5	5.62	9.0 9.2	1906.94
341	+32.1522	7 13.0	+32 37	251.6	3.05	9.0 9.0	1906.95
342	—	17 52.0	+31 21	235.4	5.82	9.0 10.7	1906.67
343	+31.3133	17 52.7	+31 12	282.8	8.46	9.0 11.7	1906.69
344	+33.2994	17 53.6	+33 52	30.7	8.96	8.6 9.1	1906.63
345	+31.3195	18 7.3	+31 22	19.4	2.45	9.1 9.3	1906.64
346	+32.3102	18 17.1	+32 10	307.0	6.10	9.5 13.0	1906.58
347	+32.3103	18 17.2	+32 17	66.6	1.75	9.0 9.2	1906.62
—	+29.3420	18 54.4	+30 1	172.3	17.91	9.0 9.4	1906.71
348	+28.3210	19 5.0	+28 15	256.3	5.53	8.7 11.2	1906.76
349	+31.3482	19 6.8	+31 35	220.8	6.65	9.3 13.0	1906.58
350	+31.3487	19 7.0	+31 57	235.3	5.41	8.5 9.3	1906.58
351	+33.3398	19 13.3	+33 21	82.4	6.15	8.8 11.0	1906.81
352	+34.3504	19 17.1	+34 15	133.0	4.67	8.9 10.0	1906.81
353	+33.3457	19 23.7	+33 7	296.4	3.36	8.6 10.2	1906.75
354	+31.3785	19 44.5	+31 29	324.4	9.20	8.6 11.5	1906.74
355	+31.3814	19 48.1	+31 27	294.8	13.05	7.4 13.0	1906.70
356	+31.3816	19 48.3	+31 24	343.1	5.74	8.9 9.8	1906.70
357	OΣ 389	19 48.7	+30 52	306.5 183.4	9.42 12.57	6.5 12.0 C = 8.5	1906.66 1906.66
358	+31.3914	19 59.7	+31 33	197.3	7.42	8.6 10.0	1906.63
359	+31.3915	19 59.8	+31 28	61.1 131.8	5.71 27.91	11.5 13.0 A = 6.5	1906.60 1906.60
—	+30.3900	20 2.9	+30 58	62.3 251.2	27.37 33.40	8.8 9.5 C = 9.3	1906.78 1906.78
360	—	20 3.5	+30 48	78.2	2.74	9.8 9.9	1906.66
361	+30.3908	20 4.0	+30 23	113.5	4.82	9.0 11.0	1906.68
362	+30.4008	20 19.0	+30 16	268.2 229.4	4.48 9.18	11.0 13.2 A = 8.7	1906.67 1906.67
363	+30.4018	20 19.4	+30 33	280.4	3.05	9.3 9.3	1906.71
364	+31.4089	20 23.4	+31 25	277.3	8.47	8.7 12.5	1906.66
365	+31.4125	20 29.0	+31 25	288.2 262.1 318.9	2.50 25.72 33.68	12.0 12.1 7.7 11.5 —	1906.81 1906.73 1906.81
366	+30.4159	20 40.4	+31 2	122.7	3.29	9.1 13.0	1906.69
367	+29.4161	20 41.0	+29 52	242.5	7.27	9.1 14.0	1906.88
368	+30.4180	20 43.9	+30 38	357.9	2.88	9.5 9.6	1906.64
369	+31.4226	20 44.6	+31 37	300.4	6.73	8.9 12.0	1906.69
370	+31.4227	20 45.0	+31 26	39.2	5.81	9.3 13.5	1906.82
371	+30.4227	20 49.9	+31 0	132.7	3.67	9.0 9.3	1906.66
372	+31.4272	20 52.1	+31 35	144.2	2.97	9.1 9.4	1906.74
373	—	20 54.6	+29 56	147.4	2.49	9.8 11.5	1906.69
374	+31.4319	20 58.6	+31 22	230.4 137.1	4.5± 24.78	11.0 13.6 A = 8.2	1906.81 1906.75
375	+30.4335	21 4.6	+30 38	221.9	4.40	9.0 9.5	1906.64

Nr.	B. D.	R. A. 1900	Dekl. 1900	P.	D.	M.	Datum
		h m	° ′	°	″		
376	+30.4411	21 17.9	+30 20	214.7	10.61	8.6 12.7	1906.78
377	+31.4430	21 18.1	+31 13	210.0 290.8	2.49 49.38	9.7 10.0 A = 9.1	1906.84 1906.84
378	+31.4470	21 24.7	+31 58	202.7	7.74	8.6 11.0	1906.69
379	+29.4444	21 28.9	+29 48	300.3	8.77	9.0 10.5	1906.72
380	+29.4452	21 30.4	+29 50	310.9 52.2 106.9	2.46 13.85 57.85	11.2 11.5 8.5 14.0 —	1906.74 1906.79 1906.71
381	+31.4539	21 40.5	+31 17	109.5	4.89	8.7 13.5	1906.59
382	+31.4560	21 46.6	+32 11	319.1 320.4	10.95 60.22	7.7 14.0 C = 7.8	1906.73 1906.81
383	+34.4586	21 57.0	+34 43	168.1	4.62	9.2 11.6	1906.95
384	+31.4612	21 58.4	+31 41	66.5	2.99	9.1 9.2	1906.63
385	+32.4340	22 2.4	+34 6	35.6 36.2	5.17 33.60	9.0 10.5 C = 10.0	1906.94 1906.95
386	+33.4427	22 2.5	+33 5	75.7	6.95	8.6 12.7	1906.94
387	—	22 5.0	+32 53	268.5	1.65	10.0 10.2	1906.74
388	+31.4653	22 8.8	+31 38	262.6	7.56	8.8 9.3	1906.65
389	+29.4620	22 11.6	+30 7	261.7	7.38	9.0 10.0	1906.72
390	+32.4406	22 18.2	+32 57	262.1	13.98	9.0 9.3	1906.75
391	+29.4687	22 28.3	+29 50	347.1	5.64	9.2 11.2	1906.79
392	8 Lacertæ	22 31.4	+39 6	224.7 185.4 154.3 115.9	9.36 21.66 28.14 41.67	8.8 13.2 — — —	1906.90 1906.86 1906.86 1906.86
393	+30.4785	22 38.9	+30 42	259.4 297.5	9.43 78.48	8.8 12.0 A = 8.5	1906.64 1906.63
394	+29.4764	22 42.3	+30 4	338.9	4.57	9.1 11.1	1906.80
395	+29.4812	22 51.8	+30 6	351.3	4.05	9.2 12.0	1906.71
396	—	22 58.7	+30 50	27.7	3.81	9.3 9.4	1906.67
397	+32.4598	23 5.6	+32 36	151.8	5.55	9.2 11.4	1906.94
398	—	23 18.8	+31 45	264.2	4.09	9.1 11.0	1906.67
399	+29.4937	23 24.3	+29 17	207.1	8.53	9.3 12.0	1906.76
400	+29.4938	23 24.6	+29 18	211.3	6.40	9.3 9.9	1906.76
401	+29.4970	23 31.8	+30 14	71.8	1.60	9.3 11.5	1906.92
402	+31.4949	23 34.8	+32 5	88.1	4.15	9.2 13.0	1906.91
403	+30.5001	23 35.7	+30 34	294.7	2.75	9.2 9.5	1906.92

Der Stern 13 Ceti. Dieser Stern 6. Größe, dessen Ort am Himmel (für 1900.0) ist: R. A. = $0^h\ 30^m$ D = $-4°\ 8'$ gehört zu den interessantesten Doppelsternen wegen der ungemein kurzen Umlaufsdauer seines Begleiters. Burnham fand am $18^1/_2$-zolligen Refraktor der Sternwarte Chicago, im Jahre 1877 einen sehr lichtschwachen Begleiter im Positionswinkel p = 65.3° und der Distanz d = 38.12″, konnte aber am Hauptsterne nichts weiter wahrnehmen. Im Jahre 1886 sah Hough mit dem nämlichen Fernrohre diesen Hauptstern selbst als äußerst engen Doppelstern und auch so einmal im folgenden Jahre. Er schätzte die Distanz beider Sterne voneinander auf nur 0.3″. In den Jahren 1890 und 91 bemühte sich Burnham vergeblich selbst am 36-Zoller der Licksternwarte, diese Duplizität zu erkennen,

der Stern erschien vielmehr stets völlig rund, so daß Burnham zweifelte, ob es sich hier wirklich um einen sehr engen Doppelstern handle. Indessen sah See Ende 1899 den Stern wieder unzweifelhaft doppelt, und seit dem darauffolgenden Jahre hat Aitken am 36-Zoller den Begleiter regelmäßig beobachten können. Er fand die kleinste Distanz desselben an 1500-facher Vergrößerung zu nur 0.12″. Aus diesen Beobachtungen hat Aitken nunmehr die Bahn des Begleiters abgeleitet und findet für die scheinbare Bahn desselben:

Große Achse	= 0.36″
Kleine Achse	= 0.24
Distanz des Sternes vom Zentrum	= 0.13
Winkel der großen Achse	= 71.50°
Winkel des Periastrons	= 90.7°

Für die wahren Bahnelemente ergab sich daraus weiter:

Umlaufszeit (P)	= 7.42 Jahre
Epoche des Periastrons (T)	= 1905.28
Exzentrizität (e)	= 0.74
Halbe große Achse (a)	= 0.214″
Winkelabstand des Periastrons vom Knotenpunkte (ω)	= 51.75°
Knoten (Ω)	= 50.40°
Neigung der Bahnebene (i)	= +48.05°
Positionswinkel zunehmend	

Gemäß diesen Bahnelementen war das Paar 1890 selbst für den 36-Zoller ein äußerst schwieriges Objekt (damalige Distanz d = 0.1″), im nächsten Jahre hätte der Begleiter unter sehr günstigen Umständen gesehen werden können (d = 0.23″) und ebenso 1877 am $18^1/_2$-Zoller (damalige Distanz d = 0.3″). Mit Ausnahme von δ Equulei (Periode 5.7 Jahre) hat 13 Ceti die kleinste bekannte Umlaufszeit und eine jährliche Eigenbewegung von 0.4″.

Doppelsternbahnen. Die nachstehend bezeichneten Doppelsternbahnen sind von Prof. W. Doberck neu berechnet worden.[1])

ζ Cancris	ξ Scorpii	ω Leonis
λ = 183° 33′	Ω = 9° 38′	Ω = 144° 17′
γ = 0 0	λ = 3 0	λ = 122 6
e = 0.3391	γ = 30 54	γ = 66 12
P = 60.083 Jahre	e = 0.7837	e = 0.5601
a = 0.856″	P = 45.12 Jahre	P = 116.74 Jahre
	T = 1860.15	a = 0.844″
	a = 0.680″	

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4144. 4169. 4189.

Σ 2173		Σ 3062		Σ 3121	
Ω	= 153° 30′	Ω	= 37° 25′	Ω	= 22° 9′
λ	= 43 0	λ	= 98 41	λ	= 148 23
γ	= 80 56	γ	= 46 5	γ	= 73 26
e	= 0.1361	e	= 0.4664	e	= 0.2659
P	= 46.20 Jahre	P	= 105.55 Jahre	P	= 35.38 Jahre
T	= 1867.88	T	= 1836.07	T	= 1879.34
a	= 1.060″	a	= 1.44″	a	= 0.620″

μ^2 Hercules		α Centauri	
Ω	= 62° 12′	Ω	= 25° 18′
λ	= 176 1	λ	= 51 38
γ	= 66 23	γ	= 79 3
e	= 0.1905	e	= 0.5057
P	= 44.20 Jahre	P	= 78.81 Jahre
T	= 1879.53	T	= 1875.63
a	= 1.370′	a	= 17.540″

Über das Sternsystem ε Hydrae machte H. v. Seeliger interessante Mitteilungen.[1]) In einem vor mehr als 13 Jahren erschienenen Aufsatze hat er sich im Zusammenhange mit allgemeinern Fragen mit dem Sternsysteme ε Hydrae (Σ 1273) beschäftigt, und auf Grund einer Zusammenstellung des erreichbaren Beobachtungsmaterials hat er eine von Burnham aufgedeckte periodische Veränderlichkeit in der gegenseitigen Stellung der beiden W. Struveschen Komponenten bestätigen können. Die zweifellose Feststellung dieser Tatsache war deshalb wichtig, weil sich ein ganz bestimmter Grund für das Auftreten der gefundenen periodischen Schwankung angeben ließ. Seeliger hat in der Tat eine Erklärung der genannten Erscheinung darin gefunden, daß der W. Struvesche Hauptstern A einen von Schiaparelli im Jahre 1888 entdeckten Begleiter in einer Entfernung von wenigen Zehnteln einer Bogensekunde besitzt. Die Messungen an dem W. Struveschen Begleiter C beziehen sich auf einen nicht näher bestimmten Punkt zwischen A und B, und sie müssen demzufolge periodische Schwankungen aufweisen. Er sprach sich a. a. O. so aus: „Wenn die beiden Sterne A u. B von ε Hydrae nicht getrennt gesehen werden, so stellen sie sich eben als einzige Lichtmasse dar. Es fragt sich nun, welcher Punkt dieser Lichtmasse mit dem entferntern Sterne C in der Regel verglichen worden ist. Es ist klar, daß dieser Punkt jedenfalls irgendwo auf der Verbindungslinie von A u. B liegen muß; ebenso klar ist es, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß dieser durch optische und physiologische Umstände bestimmte Punkt mit dem Schwerpunkte der Massen der Sterne A u. B zusammenfallen sollte, äußerst klein ist. Daraus folgt, daß notwendigerweise die Bewegung von A u. B um ihren Schwerpunkt sich in der Beobachtung von C widerspiegeln muß, und es kann nur die Frage entstehen, ob die so entstehenden

[1]) Astron. Nachr. 4149.

Schwankungen nicht sehr klein sein werden." Damals war über die Bewegung der beiden Sterne A u. B umeinander fast nichts näheres bekannt, aber die vorliegenden wenigen Messungen schienen auf eine viel größere Umlaufszeit, als 16 Jahre, hinzudeuten, während die Schwankungen in den Positionswinkeln von C gegen A sich am einfachsten durch eine Umlaufszeit T = 16 Jahre erklären ließen.

Seit 1888 wurde aber der Stern B mit den großen Refraktoren der Gegenwart öfters mit A verglichen, so daß Aitken schon 1903 eine Bahnberechnung versuchen konnte, die in der Tat eine Umlaufszeit von etwa 16 Jahren ergab, verbunden mit starker Exzentrizität und Neigung. Damit war eine augenscheinliche und direkte Bestätigung der Richtigkeit der von Seeliger vor 13 Jahren ausgesprochenen Ansicht über das Zustandekommen der periodischen Schwankungen in den Messungen des Sternes C gegeben.

„Indessen hat es doch," sagt v. Seeliger in seiner oben erwähnten Abhandlung, „Interesse, die Sache etwas weiter zu verfolgen und zuzusehen, ob man auf Grund der ausgesprochenen Prinzipien wirklich den periodischen Gang in den Messungen von C fortschaffen kann. Bei einem solchen Versuche, der deshalb nicht ganz ohne Wichtigkeit ist, weil ε Hydrae in dieser Richtung gewissermaßen einen typischen Fall darstellt, wird man von vornherein keine übertriebenen Forderungen an die Darstellung der gemessenen Koordinaten stellen dürfen. Die Doppelsternmessungen werden bekanntlich durch sogenannte persönliche Fehler, die sicherlich von allen Nebenumständen beeinflußt werden, besonders stark entstellt. Es ist also gewiß, daß bei der Verbindung der vereinigten Lichtmassen A und B mit C persönliche Fehler eigener Art ausgelöst werden müssen, und man wird demnach nicht erwarten dürfen, eine rechnerische Darstellung zu erreichen, die in allen Einzelheiten ganz befriedigt. Mit andern Worten, es werden sich in den nach der Zeit geordneten Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung Zeichenfolgen in größerer Zahl ergeben, als wünschenswert wäre, und nur in Mittelwerten, bei denen sehr viele Beobachter berücksichtigt sind, werden solche einigermaßen zurücktreten. Dazu kommt noch, daß die Anzahl der einzelnen Beobachter, die zu gleicher Zeit dem Systeme ihre Aufmerksamkeit zuwandten, verhältnismäßig gering ist. Was man aber von einer entsprechenden Darstellung erwarten muß, ist, daß sie die 16-jährige Periode in den Beobachtungen von C verwischen muß, und wenn dies gelingt, dürfte alles erreicht sein, was man zur Bestätigung meiner Ansicht beitragen kann."

Diese Untersuchung hat nun Prof. v. Seeliger ausgeführt und zeigt, daß die Beobachtungen von 1829 bis 1887 unter Zugrundelegung seiner Voraussetzung keine Spur einer 16-jährigen Periode mehr erkennen lassen. Er zeigt ferner, daß es tatsächlich mit ausreichender Annäherung erlaubt ist, die Bewegung des Sternes C um S als den Keplerschen Gesetzen folgend, anzusehen.

Sterne mit veränderlicher Radialbewegung. Die Anzahl dieser Sterne nimmt rasch zu. Die nachstehend verzeichneten sind von der Lick- und der Yerkessternwarte angezeigt worden.[1])

Bezeichnung des Sterns	A. R. 1900.	D. 1900	Helligkeit
	h m	° ′	Größe
I Geminorum	5 58.0	+23 16	4.4
27 Ophiuchi	17 21.3	— 5 0	8.7
δ Sagittae	19 42.0	+18 17	3.9
o^2 Cygni	20 12.3	+47 24	4.2
ε Cygni	20 42	+33 36	2.7
ζ Cygni	21 8.7	+29 40	3.5
ι Capricorni	21 16.7	—17 15	4.3
SU Cygni	19 40.8	+29 1	veränderlich
β Reticuli	3 42.9	—65 7	3.8
m Velorum	9 47.9	—46 51	4.5
ν Centauri	13 43.5	—41 12	3.5
ν^2 Centauri	13 55.4	—45 7	4.5
α Scorpii	16 23	—26 13	1
RZ Cassiopejae	2 40	+69 13	veränderlich
X Cygni	20 39	+35 14	„
13 Ceti	0 30	—40 9	5.8
ω Leonis	9 23	+ 9 30	6.2
85 Pegasi	23 57	+26 34	6
τ^3 Eridani	3 29	—21 58	4.2
τ^8 Eridani	3 49	—24 55	4.7
τ Orionis	5 13	— 6 57	3.6
ξ^1 Canis maj.	6 28	—23 21	4.2
λ Andromedae	23 32.6	+45 46	5.0

Der spektroskopische Doppelstern λ Andromedae. Der Doppelsterncharakter dieses Sternes wurde 1899 von Campbell durch spektrographische Aufnahmen auf der Licksternwarte erkannt und die Periodendauer zu 20.5 Tagen bestimmt. Neue Aufnahmen im Jahre 1905 gestatteten eine unabhängige Neubestimmung der Bahn des Doppelsternes, und diese hat Q. Burns ausgeführt.[2]) Nachstehend sind die Ergebnisse der beiden Berechnungen für 1899 und 1905 gegenübergestellt:

	Bahn von 1899		Bahn von 1905	
U =	20.538d		20.546d	
μ =	17.529°	±0.014	17.521°	±0.006
T =	2414571.81	±0.037	2416683.46	±0.39
ω =	336.2°	±7.6	301.0°	±0.76
K =	6.48 *km*	±0.19	7.07 *km*	±0.16
e =	0.132	±0.038	0.086	±0.018
V =	+6.34 *km*	±0.13	7.43 *km*	±0.10
a sin i =	1.810000 *km*		1.990000 *km*	
wahrsch. Fehler einer einzelnen Beobachtung		±0.50 *km*		±0.51 *km*

[1]) Astrophysic. Journal 1907. January.
[2]) Astrophysic. Journal 1906. p. 345.

Die Epoche von T ist ausgedrückt in Tagen der Julianischen Periode, deren Jahr 6620 dem Jahre 1907 entspricht.

Die beiden Bahnelemente deuten auf geringe Veränderung derselben in der Zeit von 1899 bis 1905, besonders auf eine Zunahme der Schwerpunktsgeschwindigkeit um 1.1 *km*, was auf die Wirkung noch unbekannter Glieder des Systems hindeuten könnte.

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes β Arietis ist jetzt von Dr. H. Ludendorff genauer bestimmt worden.[1]) Die Veränderlichkeit der Radialbewegung dieses Sternes wurde 1903 von Vogel angezeigt[2]) auf Grund einer von ihm vorgenommenen Ausmessung von 14 Spektrogrammen, die von Dr. Eberhard, Dr. Scholz und Dr. Ludendorff mit dem am photographischen 32.5 *cm*-Refraktor des Potsdamer Observatoriums angebrachten Spektrographen IV (3 Prismen) in der Zeit von Oktober 1902 bis Anfang Februar 1903 erhalten worden waren. Später hat Dr. Ludendorff auf Wunsch Vogels die Radialbewegung von β Arietis näher untersucht, indem er die erwähnten 14 Platten nochmals und außerdem 23 weitere, die sich zeitlich bis zu Ende des Jahres 1904 erstrecken, ausgemessen hat. Da Bestimmungen der Radialgeschwindigkeit von β Arietis seitens anderer Beobachter nicht vorlagen, so war Ludendorff allein auf das hier gewonnene Material von im ganzen 37 Platten angewiesen.

Im Winterhalbjahre 1906 bis 1907 sind indessen von Dr. Eberhard und ihm mit dem Spektrographen IV noch 39 Spektrogramme von β Arietis hergestellt worden, welche nunmehr im Vereine mit den 37 frühern eine erste Bahnbestimmung gestatteten.

Das Spektrum von β Arietis ist der Vogelschen Spektralklasse Ia 2 zuzurechnen. Die Linien sind alle breit und verwaschen; in dem Spektralbezirk, welcher durch den Spektrographen IV scharf abgebildet wird (λ 4530 bis λ 4300), konnten nur zwei Absorptionslinien, die Mg-Linie λ 4481 und die Wasserstofflinie Hγ, gemessen werden. Von der zweiten Komponenten des Sternes sind keine Anzeichen im Spektrum zu erkennen. Zwar ist, wie schon Vogel in seiner zitierten Notiz über β Arietis hervorgehoben hat, die Magnesiumlinie auf zwei Platten doppelt, aber Ludendorff hat auf keiner von den andern 74 Platten diese Erscheinung mit Sicherheit feststellen können. Es ist daher anzunehmen, daß die Verdopplung der Mg-Linie auf den genannten beiden Platten wohl nur durch besondere Vorgänge in der Atmosphäre des Sternes erklärt werden kann. Bei Sternen der ersten Spektralklasse sind derartige Erscheinungen in Potsdam bereits öfter beobachtet worden.

Wegen der Breite und Verwaschenheit der Mg- und der Hγ-Linie sind die Messungen der Radialgeschwindigkeit von β Arietis

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1907 April 25.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3898.

recht unsicher. Ludendorff hat, um den Einfluß der persönlichen Einstellungsfehler möglichst zu beseitigen, die Messungen mit Benutzung eines Reversionsprismas ausgeführt, welches nach Beendigung der ersten Messungsreihe so gedreht wurde, daß sich die Lage des Spektrums scheinbar um 180° änderte. Aus beiden Messungsreihen wurde das Mittel genommen.

Da die Messungen der Hγ-Linie wesentlich unsicherer waren als die der Mg-Linie, so erhielten die erstern bei der Reduktion nur das halbe Gewicht gegenüber denen der Mg-Linie. Auf einigen unterbelichteten Platten konnte Hγ überhaupt nicht gemessen werden; auf diesen wurde die Mg-Linie zweimal gemessen und das Mittel aus den beiden, voneinander ganz unabhängigen Messungsreihen genommen. Auch diejenigen Platten, bei denen sich aus den Messungen der beiden Linien Radialgeschwindigkeiten ergaben, die um mehr als 15 *km* voneinander abwichen, wurden zweimal gemessen.

Die Unsicherheit der aus der Messung einer einzelnen Platte sich ergebenden Radialgeschwindigkeit kann 10 *km*, in einigen Fällen sogar noch etwas mehr betragen. Im Mittel aus den Resultaten von 65 Platten, auf denen sowohl die Mg- wie die Hγ-Linie gemessen ist, ergab sich, daß die Messungen der erstern auf eine um 3 *km* größere Bewegung des Sternes in der Richtung von der Sonne fort schließen lassen als die der letztern.

Dr. Ludendorff gibt in einer Tabelle die aus jeder Aufnahme für die Zeit derselben von ihm berechnete Radialgeschwindigkeit v des Sternes und findet, daß diese Geschwindigkeit ihren größten Wert hatte:

1903 Januar	19
1903 Dezember	6
1906 November	10
1907 Februar	25

Von diesen Daten ist nur das zweite etwas unsicher. Die Abstände der drei letzten Daten von dem ersten betragen der Reihe nach 321 Tage, 1391 Tage, 1498 Tage oder 3×107.0 Tage, 13×107.0 Tage, 14×107.0 Tage. Die Periode oder Umlaufszeit ist also:

$$U = 107.0 \text{ Tage.}$$

Ludendorff bemerkt noch, daß nach dem Verlaufe der beobachteten Werte von v irgend ein Teil von 107.0 Tagen als Wert der Periode nicht in Betracht kommen kann; namentlich kann die Periode nicht die Hälfte von 107.0 Tagen = 53.5 Tage sein, da dann ein Maximum auf 1904 Dezember 14 bis 15 hätte fallen müssen, was den Beobachtungen widerspricht.

Aus den Beobachtungen, fährt er fort, kann man ersehen, daß der wahre Wert der Periode nur um einige Hundertstel des Tages von dem angegebenen Werte abweichen kann. Dies ergibt sich nicht nur aus der zeitlichen Lage der beobachteten Maximal-

werte von v, sondern auch, wenn man bei der Periodenbestimmung gewisse Punkte des steil aufsteigenden Teiles der Geschwindigkeitskurve zugrunde legt.

Ordnet man nun die Beobachtungen nach der Zeit vom nächstvorangehenden Maximum der Radialgeschwindigkeit, so zeigt sich, daß infolge der Unsicherheit der Messungen Beobachtungen gleicher Phase zum Teile ziemlich stark voneinander abweichen.

Dr. Ludendorff hat daher Mittelwerte aus den Messungen bei nahezu gleichen Phasen der Radialgeschwindigkeit gebildet. Hiernach beträgt die größte direkt gemessene Radialgeschwindigkeit im Mittel +59.1 *km* (das Vorzeichen + bezeichnet, daß der Stern sich entfernt). Die Berechnung nach der von Lehmann-Filhés angegebenen Methode ergab für die Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes des Doppelsternsystems β Arietis den Wert V = —0.6 *km*, die Exzentrizität der Bahn ist sehr groß, sie beträgt nämlich 0.88 und der Minimalwert der halben großen Achse 22 880 000 *km*. Die Gesamtmasse beider Sterne des Systems muß mindestens ein Drittel der Sonnenmasse sein, kann aber erheblich größer sein, da die Neigung der Bahn unbekannt ist. Schließlich bemerkt Dr. Ludendorff noch folgendes:

„Unter den spektroskopischen Doppelsternen, deren Bahnen bisher bekannt sind, hat β Arietis bei weitem die größte Exzentrizität; auf ihn folgen β Herculis mit der Exzentrizität 0.55 und ζ Ursae majoris mit der Exzentrizität 0.52. Im allgemeinen scheinen bei den spektroskopischen Doppelsternen, soweit man derartige Schlüsse aus dem geringen, bisher vorliegenden Material ziehen darf, die kleinen Exzentrizitäten vorzuwiegen. Bei den 26 Bahnen derartiger Sternsysteme, welche zurzeit bekannt sind (β Arietis eingeschlossen), verteilen sich die Exzentrizitäten in folgender Weise:

Exzentrizität	Anzahl
0.00 bis 0.15	15
0.16 „ 0.30	3
0.31 „ 0.45	2
0.46 „ 0.55	5
größer als 0.55	1

Zu bemerken ist noch, daß Deslandres bei dem spektroskopischen Doppelsterne ϑ Aquilae als Exzentrizität 0.60 gefunden hat; doch scheint die Bahnbestimmung sehr unsicher zu sein, und ich habe daher ϑ Aquilae nicht mit in die obige Statistik aufgenommen.

Unter den visuellen Doppelsternen sind mehrere vorhanden, deren Exzentrizitäten ebenso groß oder sogar noch größer sind als bei β Arietis. Nach Aitkens Katalog ist dieselbe bei γ Virginis = 0.90, bei Σ 2525 sogar = 0.96. Die Umlaufszeiten dieser Sterne betragen aber, 194 bzw. 307 Jahre. Sonst besitzen noch Exzentrizitäten von 0.80 und darüber die Doppelsterne γ Andromedae BC (Exz. = 0.82, U = 55 Jahre), 99 Herculis (Exz. = 0.81, U = 65 Jahre) und

γ Centauri (Exz. = 0.70, U = 88 Jahre). Es handelt sich also hier durchweg um Systeme von langer Umlaufszeit, während bei β Arietis die sehr starke Exzentrizität gerade im Hinblicke auf die Kürze der Umlaufszeit besonderes Interesse bietet."

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes $\varkappa$ Cancri. Dieser Stern 5.5 Größe, dessen Ort am Himmel R. A. = $9^h\,2^m$ D = $+11°\,4'$ ist, wurde von Prof. Frost und W. Adams vom Yerkesobservatorium durch spektrographische Aufnahmen als Doppelstern erkannt. Das Spektrum gehört zu denjenigen, welche den Übergang aus den Spektren des Oriontypus in die des Siriustypus bezeichnen. In demselben treten die Wasserstofflinien stark und scharf hervor, die Heliumlinien mit den Wellenlängen λ = 4009, 4026, 4144, 4388 und 4472 sind dagegen kaum sichtbar. Die Kohlenstofflinie λ 4267 ist gut erkennbar, und die Siliziumlinien λ 4128 und 4131 eignen sich gut zur Vermessung. Ferner erscheint die Linie K sehr stark und scharf, und auch die Magnesiumlinie λ 4481 ist gut definiert. Die auf der Yerkessternwarte von Anfang 1904 bis Mai 1907 erhaltenen Spektralaufnahmen sind jetzt von Naozo Jchinohe vermessen und die Ergebnisse zu einer Bahnberechnung dieses spektroskopischen Doppelsternes benutzt worden.[1]) Die gemessenen Radialgeschwindigkeiten des Sternes variieren zwischen +89.1 und —52.9 *km*, also recht erheblich. Die Umlaufsperiode um den Schwerpunkt ergab sich zu 6.393 Tagen. Für die Radialgeschwindigkeit, mit der sich der Schwerpunkt des Systems bewegt, fand sich +26.3 *km* pro Sekunde. Die Exzentrizität der Bahn beträgt 0.149, die große Halbachse der Bahn 5 890 000 *km*, falls diese Bahn in der Gesichtslinie zur Erde liegt. Die Messungen, aus denen diese Ergebnisse abgeleitet sind, beziehen sich ausschließlich auf die Hauptkomponente des Spektrums von $\varkappa$ Cancri, denn dieser Stern zeigt noch ein anderes Spektrum wie Prof. Frost und Adams gefunden haben. Die Linien, welche diesen zugehören, sind jedoch so fein, daß sie nicht genau genug zu messen waren, und muß deren Untersuchung aufgeschoben werden, bis weitere geeignetere Aufnahmen vorliegen.

Der spektroskopische Doppelstern β Cephei wurde seit 18. Dezember 1901 auf dem Yerkesobservatorium spektrographisch untersucht, und es hat sich dabei ergeben, daß er in sehr kurzer Zeit seine radiale Geschwindigkeit periodisch verändert, also ein spektroskopischer Doppelstern von äußerst kurzer Umlaufszeit ist. Prof. B. Frost vermutete schon 1902, daß die Umlaufszeit $^3/_4$ oder $1^1/_2$ oder 3 Tage betrage, doch es war nicht möglich, eine Entscheidung hierüber zu treffen. In den Jahren 1903, 1904 und 1905 ist der Stern auf dem Yerkesobservatorium nur selten untersucht worden, es wurden im ganzen nur zwölf Platten erhalten, im Jahre 1906 hat da-

[1]) Astrophysical Journal 1907. June. p. 315.

gegen Prof. Frost Vorkehrungen getroffen, um während einer einzigen Nacht mehrere Aufnahmen zu erhalten. Es gelangen in der Tat in den Nächten des 18. bis 21. Mai 1906 acht spektrographische Aufnahmen. Aus den vorläufigen Messungen der Linienverschiebungen ergab sich nun, daß die Periodendauer wenig von $4^h\ 30^m$ verschieden ist. Nachdem dies sicher gestellt war, wurde der Versuch gemacht, den Stern mehrere Nächte hindurch fortlaufend aufzunehmen, und es gelang am 28. Mai 16 Platten mit einer durchschnittlichen Exponierungsdauer von je 12 Minuten zu erhalten. Am 6. Juli wurden weitere 14 Platten mit durchschnittlich 22^m Expositionsdauer und am 27. August 20 andere mit 20 Minuten Exponierung erhalten, außerdem weniger vollständige Reihen am 18. und 22. Juni. Diese Aufnahmen zeigen endgültig, daß der Stern den ganzen Zyklus seiner veränderlichen Radialgeschwindigkeiten in einer einzigen kurzen Sommernacht durchläuft, eine Tatsache, die für einen spektroskopischen Doppelstern bis jetzt einzig dasteht. Die kürzeste Periode eines spektroskopischen Doppelsternes war bisher die von μ Scorpii, welche 1.45 Tage beträgt, außerdem ist der Veränderliche R Canis majoris als spektroskopischer Doppelstern erkannt, dessen Lichtwechsel $27^h\ 16^m$ beträgt, doch ist die Periode seiner Realgeschwindigkeit noch nicht bestimmt. Von gewöhnlichen veränderlichen Sternen hat W Ursae majoris eine Periode von $4^h\ 0^m$, und der Veränderliche 14. 1904 Cygni eine solche von $3^h\ 14^m$, letztere die kürzeste bei einem Veränderlichen, welche man bis heute kennt. Die endgültige Untersuchung der Spektrogramme von β Cephei muß noch zurückgestellt bleiben, doch hat Prof. Frost wenigstens vorläufige Resultate abgeleitet.[1]) Er betont, daß bei einem Sterne wie diesem die Dauer der Exponierung von Wichtigkeit ist, da sie einen beträchtlichen Bruchteil der Periode des Sternes umfaßt. Letztere nimmt er vorläufig zu $4^h\ 34^m\ 11^s$ an, und die radiale Geschwindigkeit variiert zwischen $+12$ und -22 *km* pro Sekunde, woraus eine Bewegung des ganzen Systems von -5 *km* pro Sekunde und eine Umlaufsgeschwindigkeit von 17 *km* in der Sekunde sich ergibt. Unter diesen Annahmen würde für den Radius der Bahnbewegung des hellen Sternes in der Projektion auf die Gesichtslinie zur Erde, eine Größe von nur 45 000 *km* folgen, man muß daher schließen, daß die wahre Bahnebene sehr stark gegen die Gesichtslinie zur Erde geneigt ist. Jedenfalls kann man annehmen, daß die Entfernung des hellen Sternes vom gemeinsamen Schwerpunkte beider Massen sehr klein ist. Auf einigen Platten zeigen mehrere Linien des Spektrums Andeutungen von Zusammengesetztheit, was auf die Vermutung führt, daß der unsichtbare Begleiter nur ein oder zwei Größenklassen schwächer ist als der sichtbare Hauptstern. Das Spektrum selbst ist ein schönes Beispiel der Spektra des Oriontypus und gut

[1]) Astrophysical Journal. **24.** 1906 Nov. p. 259.

meßbar. Es ist, wie Prof. Frost hervorhebt, eine merkwürdige Erscheinung, daß Platten, die in unmittelbarer Folge hintereinander aufgenommen wurden, in Abständen der Mitte der Exposition von weniger als einer halben Stunde, deutliche Änderungen der radialen Geschwindigkeit zeigen, die bis zu 10 *km* betragen.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Der Sternhaufen Messier 92 im Herkules, ist von K. Bohlin vermessen worden.[1]) Dieser Sternhaufen gehört zu den interessanten Gebilden, die von William Herschel Globular Clusters genannt worden sind. Von H. Schultz ist eine Anzahl Sterne dieses Objekts während der Jahre 1865 bis 1875 mit dem 9-zölligen Refraktor der Sternwarte in Upsala in sorgfältiger Weise mikrometrisch ausgemessen worden. Hauptsächlich aus diesem Grunde wurde dieses Objekt zur photographischen Ausmessung an der Stockholmer Sternwarte aufgenommen. Eine erste Aufnahme des Objekts wurde am 29. April 1898 erhalten und zeichnet sich durch verhältnismäßig große Schärfe und Klarheit aus. Die Ausmessung umfaßt 348 Sterne.

Die Koordinaten des Sternhaufens sind:

	α 1900.0	δ 1900.0
Messier 92	$17^h\ 14.1^m$	$+43°\ 15'$

derselbe ist also unweit von Messier 13, dessen Koordinaten

	α 1900.0	δ 1900.0
Messier 13	$16^h\ 38.2^m$	$+36°\ 39'$

sind, gelegen.

Der Zeitunterschied zwischen den Messungen in Upsala und Stockholm, der 25 Jahre (1873 bis 1898) beträgt, ließ erwarten, daß gewisse Verschiebungen sich aus der Vergleichung der beiden Beobachtungsreihen herausstellen würden. Dieses zeigte sich auch in der Tat in der Weise, daß die Abweichungen in der Rektaszension zwischen den Stockholmer und Upsalaer Beobachtungen ziemlich groß und vorwiegend positiv sind, während die Deklinationsdifferenzen durchgängig negativ werden. Die größten Abweichungen sind $\Delta\alpha = +6.6''$ und $\Delta\delta = -4.6''$. Auch die Abweichungen vom Mittel sind ganz merkbar und gesetzmäßig. „Die Darstellung derselben erweist, daß die mehr zentralen Sterne sich nach dem Zentrum des Cluster hin zusammengedrängt haben, während die peripherischen Sterne einen gesetzmäßigen Verlauf im Sinne einer Drehung

[1]) Artron. iaktt. och undersökn. å Stockholms Observatorium **8**. Nr. 3. — Astron. Nachr. Nr. 4165.

in negativer Richtung aufweisen. In welchem Maße diese sonderbaren Abweichungen auf wirklichen Bewegungen beruhen, und inwiefern anderseits gewisse bei visuellen Beobachtungen unvermeidliche Einstellungsfehler dabei beteiligt sind, bleibt freilich noch unentschieden. Ganz in der Nähe des Zentrums, wo die Sternbilder sich überlagern, steht, wie gewisse Erscheinungen bei den astrophotographischen Aufnahmen allgemein andeuten, schon durch die intensivere Belichtung in Verbindung mit der Entwicklungsprozedur, eine Verengung des Bildes zu erwarten."

Prof. Barnard bemerkt,[1]) daß der Sternhaufen Messier 92 einer von denjenigen ist, die er seit längerer Zeit am 40-Zoller der Yerkessternwarte unter Beobachtung halte. Unter den von ihm vermessenen Sternen sind mehrere, die sowohl bei Schultz als bei Bohlin vorkommen. Bei Reduktion seiner eigenen wie der Schultzschen Messungen auf das System Bohlin zeigen sich auch einige große Diskordanzen, doch kommt Prof. Barnard zu dem Schlusse, daß es sich hierbei keineswegs um wirkliche Eigenbewegungen dieser Sterne handle.

Die Nebel um die Nova im Perseus. Eine Zusammenfassung und Kritik der in Betracht kommenden Arbeiten ist jetzt erschienen in einer Untersuchung: „Über die Nebel der Nova Persei", welche A. Kopff vom Astrophysikalischen Institut Königstuhl-Heidelberg soeben veröffentlicht hat.[2])

Der erste Entdecker des Nebels um die Nova des Perseus ist Prof. Dr. M. Wolf. Er konstatierte durch eine Aufnahme vom 22. Aug. 1901 „südlich und etwas östlich in der Nähe der Nova eine deutlich erkennbare, aber äußerst schwache und trotzdem strukturreiche Nebelmaterie",[3]) indem er zugleich den optischen Charakter einer von andern um den Stern gefundenen Aureole nachwies.[4]) Diese Entdeckung wurde dann durch eine Aufnahme von Ritchey (1901 Sept. 20)[5]) bestätigt, dessen Reflektor die Nova von einer unregelmäßigen, aber konzentrisch angeordneten Nebelmasse umgeben zeigte, deren hellste Teile sich südlich der Nova befanden. Weitere Aufnahmen von Perrine (1901 Nov. 7 und 8) und Ritchey (1901 Nov. 9) ergaben eine lebhafte Bewegung der Nebelkondensationen,[6]) die sich nach allen Richtungen hin von der Nova zu entfernen schienen. Da der ganze Vorgang nur auf photographischem Wege zu beobachten war, so blieb die weitere Verfolgung dieser rätselvollen Erscheinung nur wenigen Sternwarten vorbehalten. Neben Perrine und Ritchey hat Prof. Wolf die Novanebel in der folgenden Zeit wiederholt photographiert. Auch von Bohlin sind einzelne Aufnahmen zu erwähnen.

Kopff gibt nun zunächst eine Bearbeitung der in Heidelberg erhaltenen Aufnahmen. Die Nova wurde dort an folgenden Abenden photographiert:

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4202.

[2]) Publikationen des Astrophysiklischen Instituts Königstuhl-Heidelberg. 2. Nr. 9.

[3]) Astron. Nachr. Nr. 3736.

[4]) Ebenso Kostinsky, Astron. Nachr. Nr. 3737.

[5]) Astrophys. Journal **14**. p. 167.

[6]) Astron. Nachr. Nr. 3748 und 3750.

		Expositionszeit				Expositionsdauer	
1901	Aug. 22	14h	7.3m	bis 15h	12.3m	1h	5m
	Aug. 23	10	56.3	„ 15	2.3	4	6
	Nov. 17	9	3.3	„ 13	9.3	4	6
	Dez. 5	8	23.5	„ 10	33.4	2	10
	Dez. 16	10	26.5	„ 13	21.5	2	55
1902	Febr. 3—4 { 3 : 7	2.7	„ 10	24*) }		6	42
	{ 4 : 8	47.7	„ 12	47.7 }			
	März 5	7	16.9	„ 11	26.9	4	10
	März 12	7	36.9	„ 10	0.9	2	24

*) Durch Wolken wiederholt unterbrochen.

Alle Aufnahmen mit Ausnahme der ersten, die zu kurze Expositionsdauer hat, wurden vermessen. Von den Originalplatten wurden Reproduktionen in 4.4 bis 5.7 facher Vergrößerung hergestellt, auf denen auch die schwächern Nebelpartien recht deutlich hervortreten. Freilich war das Korn beim Aufsuchen und beim Messen der feinen Objekte störend, und um falsche Nebel zu vermeiden, wurden die Platten mit den Zeichnungen Ritcheys verglichen.

Reproduktionen der photographischen Aufnahmen und der Zeichnungen Ritcheys finden sich im Sirius, Jahrg. 1902, Tafel II und III, worauf hier verwiesen wird. Auf letztern finden sich auch die Bezeichnungen a bis f, welche Ritchey für die hauptsächlichsten von ihm untersuchten Kondensationen in dem Nebel um die Nova gegeben hat. Diese Kondensationen sind auch von Kopff in Betracht gezogen worden, außer ihnen aber auch noch eine Anzahl anderer. Als Position der Nova selbst wurde nach Bellamy angenommen (für 1900.0)

$$\mathrm{AR} = 3^{\mathrm{h}}\ 24^{\mathrm{m}}\ 24.12^{\mathrm{s}}$$
$$\mathrm{D} = +43^{\circ}\ 33'\ 39.5''$$

und auf diesen Punkt die einzelnen Nebelkondensationen, gemäß den Ausmessungen auf den Platten bezogen. Die Bezeichnung derselben ist mit derjenigen Ritcheys jedoch nicht identisch. Von den Positionen der einzelnen Nebelkondensationen wurde eine Karte hergestellt, in die aber der bessern Übersicht wegen nur die Positionen von 1901 Aug. 23, Nov. 17, Dez. 16; 1902 Febr. 3 bis 4 und März 5 eingetragen wurden; die Nebel der gleichen Aufnahme wurden gleichartig bezeichnet. Diese Punkte wurden auf der Karte durch gerade Linien verbunden, die also den Verlauf der Südgrenze des Nebels m angeben. Auch für 1902 März 12 wurde diese gerade Linie eingetragen, jedoch ohne ihre Endpunkte zu bezeichnen. Auf der Karte sind noch die Punkte der gleichen Aufnahme, sowie die als identisch angesehenen Punkte verschiedener Aufnahmen verbunden, so daß die Karte also den Verlauf der Südgrenze der hellern Novanebel an den betreffenden Tagen, sowie die Bahnen einzelner Kondensationen gibt.

Das Gesamtbild der Umgebung der Nova ist bei den mit dem Bruceteleskop hergestellten Aufnahmen dasjenige, das die Zeichnungen Ritcheys[1]) und die Photographien Perrines[2]) zeigen.

Kopff gibt zunächst eine genaue Charakteristik der einzelnen Aufnahmen und wendet sich dann zur Untersuchung der Bewegung und Gestaltveränderung der Novanebel, wobei er die Veröffentlichungen Perrines und Ritcheys mit in Betracht zieht. „Es werden dabei die Nebel zunächst als reelle Gebilde angesehen, deren Bewegung in einer Ebene, der Bildebene, vor sich geht. Die aus den Positionen der einzelnen Aufnahmen hergeleitete Bewegung hängt nun wesentlich davon ab, welche Nebel man als zusammengehörig betrachtet. Das Aufsuchen identischer Nebel wird durch eine mit dem Ortswechsel verbundene Formveränderung erschwert und ist nur bei einer Gruppe außer allem

[1]) Astrophys. Journal **15**. p. 129.
[2]) Astrophys. Journal **16**. p. 249 = Lick Bull. Nr. 23.

Zweifel. Auch wird das Bild der Bewegung leicht dadurch verzerrt, daß auf verschiedenen Aufnahmen nicht die entsprechenden Stellen der einzelnen Nebel aufgefaßt wurden. Die Vergleichung der Positionen kann also nur zu einem in großen Zügen richtigen Bilde führen.

Aus den Aufnahmen vom 23. Aug. und 17. Nov. ergibt sich als Weg in 86 Tagen für die mit nachstehenden Buchstaben bezeichneten Nebelkondensationen

a	a_2	a_3
92″	99″	89″

als tägliche Geschwindigkeit:

1.07″	1.12″	1.03″.

Nun stehen die Nebel offenbar mit dem Ausbruche der Nova (1901 Febr. 21) in Verbindung und sind von derselben ausgegangen. Hätten sie sich mit derselben Geschwindigkeit, die sie zwischen August und November zeigen, auch vorher bewegt, so wäre der Tag des Wegganges von der Nova für:

a	a_2	a_3
1900 Aug. 17	Okt. 9	Juli 3.

Entsprechend ist die tägliche Geschwindigkeit gemäß obigen Aufnahmen und der Tag der Loslösung für die Kondensation:

b	c	d	x	y
1.12″	0.91″	1.43″	0.97″	1.26″
1900 Okt. 12	00 Aug. 25	01 Jan. 17	1900 Sept. 25	01 Febr. 21.

Es ist also höchstens für y und d eine ziemlich gleichförmige Geschwindigkeit vom Ausbruche der Nova bis Mitte November 1901 anzunehmen.

Für die andern Nebel, die etwa am 21. Febr. 1901 (jedenfalls nicht früher) von der Nova ausgegangen sein müssen, folgt eine ungleichförmige, langsamer werdende, bei verschiedenen Objekten verschiedene Bewegung. Das stimmt auch mit dem weitern Verlaufe der Bewegung überein. Dazu tritt noch eine Änderung im Positionswinkel, so daß also die Bewegung der Novanebel in der Bildebene eine vollkommen ungleichförmige, krummlinige ist."

Diese wird nun von Kopff im einzelnen weiter verfolgt, und er kommt zu dem Ergebnisse, daß man im wesentlichen in der Umgebung der Nova dreierlei in Entfernung und Verhalten verschiedene Kondensationen unterscheiden könne:

„1. Den Nebel m, der bis Anfang Dezember eine konstante Entfernung von etwa 135″ von der Nova hat, der sich bis Mitte Dezember nach Süden bewegt und dann mit großer Geschwindigkeit hauptsächlich nach Westen und Nordwesten ausbreitet.

2. Die Nebel der innern Ellipse, die anfangs eine mittlere tägliche Geschwindigkeit von etwa 2″ haben, die von August ab auf 1″, später noch weiter heruntersinkt. Von Einzelheiten abgesehen, hört die Bewegung im Februar fast ganz auf, wächst aber dann rasch zu der frühern Geschwindigkeit wieder an. Die Nebel sind einer lebhaften Form- und Helligkeitsänderung unterworfen. Der Abstand der im Südosten gelegenen hellsten Gruppen ist für August im Mittel 384″, für Mitte Dezember 492″. Hierzu sind auch noch die innerhalb der Ellipse gelegenen Nebel zu rechnen.

3. Die Nebel der äußern Ellipse, die im allgemeinen sehr schwach sind, von denen einzelne aber zu bedeutender Helligkeit anwachsen. Die eine oder andere Kondensation scheint sich sogar neu zu bilden, war aber jedenfalls vorher zu schwach, um wahrgenommen zu werden. Die Nebel haben sich mit nahezu doppelt so großer Geschwindigkeit wie die innern Nebel von der Nova entfernt; diese Geschwindigkeit läßt aber schon Ende 1901 bedeutend nach, so daß eine augenfällige Vergrößerung der äußern Ellipse nicht mehr wahrzunehmen ist. Die große Achse zeigt Anfang Januar 1902 eine Ausdehnung

von 1065″ im Mittel, die kleine von 849″. Der Abstand der äußern Nebel ist also ziemlich genau der doppelte desjenigen der innern.

Zu erwähnen ist noch, daß der Positionswinkel für innere und äußere Nebel der Hauptsache nach kleiner wird. Für den westlichen Teil von m, für das im Südwesten liegende E_1 und im Westen liegende G wächst er an, ebenso zeitweise für einzelne Kondensationen im Innern der kleinern Ellipse.

Hierzu kommen:

4. Die strukturlosen Nebel außerhalb der äußern Ellipse, deren Zugehörigkeit zu den eigentlichen Novanebeln fraglich ist."

Im 3. Teil seiner Untersuchungen beschäftigt sich Kopff mit den Theorien über die Novanebel. Er betont zunächst, daß man bei Beurteilung der Vorgänge um die Nova Persei vor allem darauf zu achten habe, daß die Bewegung der einzelnen Kondensationen nicht in einer Ebene, sondern im Raume vor sich geht; daß das zu uns kommende Licht von einer primären Strahlung herrührt, die sich in irgend welcher Richtung von der Nova entfernt hat. Kapteyn schon hat bei Aufstellung seiner Hypothese hierauf Rücksicht genommen, und Newcomb[1]) hat die Formeln unter Annahme von Lichtgeschwindigkeit für die primäre Strahlung gegeben.

„In den ersten Tagen nach Entdeckung der Nebel," fährt Kopff fort, „besonders als deren außerordentlich rasche Bewegung noch nicht bekannt war, hielt man die Kondensationen für enorme Gasmassen und dachte an eine Umbildung des Sternes in Nebelmaterie. Zu dieser Annahme war man um so mehr berechtigt, als das Spektrum der neuen Sterne auf eine solche Umwandlung hinzuweisen scheint. So glaubt Pickering,[2]) die Nebel als ausbrechende Gasmassen nach Art der Sonnenprotuberanzen ansehen zu dürfen. Schon vor Entdeckung des Nebels[3]) schloß er aus dem Verhalten der hellen und dunkeln Linien im Novaspektrum auf die Richtigkeit der Explosionstheorie der neuen Sterne, die deren Aufleuchten auf Ausbrüche von Gasmassen aus dem Innern zurückführen will, und verwarf die Kollisionstheorie, die das Entstehen neuer Sterne durch den Zusammenstoß von Materie erklärt, seien es einzelne Körper, Nebel oder Meteorschwärme. In den von der Nova ausgehenden Nebeln sah Pickering nur eine Bestätigung dieses Resultats. Auf Grund solcher Annahme ist versucht worden, die Parallaxe der Nova zu bestimmen.[4]) Aus einer Aufnahme des Goodsell Observatory ergab sich unter der Voraussetzung, daß die wirkliche Geschwindigkeit der Kondensationen senkrecht zum Visionsradius dieselbe sei, wie die aus spektroskopischen Messungen im Visionsradius gefundene, eine Parallaxe von 1.5″ für die Nova.

Nun weisen aber die direkten Bestimmungen von Aitken, Chase, Hartwig und Courvoisier auf eine äußerst kleine, wenn überhaupt meßbare Parallaxe hin, auch die Ausmessungen photographischer Platten am Royal Observatory, Greenwich,[5]) lassen auf einen beträchtlich kleinern Wert als 0.1″ schließen, so daß die Geschwindigkeit der Novanebel diejenige der Protuberanzen weit übertreffen muß. Den einzigen reellen Wert hat Bergstrand[6]) gegeben. Unter Berücksichtigung der Dispersion der Luft findet er aus einer Reihe von Aufnahmen für die jährliche Parallaxe der Nova $= 0.03'' \pm 0.01''$. Wie Schaeberle[7]) hervorhebt, können alle diese Werte, da sie aus relativen Bestimmungen hervorgegangen sind, mit großen Fehlern behaftet sein, die dadurch hervorgerufen sind, daß die Vergleichsterne selbst uns sehr nahe liegen. Für eine einwandfreie Beurteilung der Bewegung der Novanebel wäre es also von großem Vorteile,

[1]) The Astronomical Journal 1903. Nr. 549 bis 550.
[2]) Astrophys. Journal **16**. p. 68.
[3]) Astrophys. Journal **13**. p. 277.
[4]) Popular Astronomy **9**. p. 575.
[5]) Monthly Notices **62**. p. 492.
[6]) Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik. 1.
[7]) Astron. Nachr. Nr. **3935**.

wenn man aus diesen selbst die Parallaxe der Nova herleiten könnte. Auch die von Prof. Wolf[1]) anfangs ausgesprochene Ansicht, daß es sich um fortschreitende Explosionen von Gasen handeln könne, mußte bei so kleiner Parallaxe hinfällig werden. Wie Very angibt,[2]) ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit beim Knallgas zu 2819m pro Sekunde bestimmt worden. Prof. Wolf[3]) hat nun zuerst darauf hingewiesen, daß die Geschwindigkeit des Lichtes die für die Nebel wahrscheinlichste ist, eine Annahme, die auch den meisten Hypothesen zugrunde liegt. Hieraus hat er aus der Bewegung der Kondensation A eine mit den direkten Messungen gut übereinstimmende Parallaxe von 0.012″ hergeleitet, wobei freilich die Bewegung des Nebels senkrecht zum Visionsradius angenommen wurde. Eine größere Geschwindigkeit als die des Lichtes anzunehmen, ist schon deshalb unstatthaft, weil uns in der Natur solche Strahlungen nicht bekannt sind.“

Was die Hypothesen über das Wesen des Vorganges der sich für uns in dem Aufleuchten der Nova und der Nebelbewegung um dieselbe darstellt, so lassen sich diejenigen, welche überhaupt beachtenswert sind, nach Kopff in zwei Gruppen teilen wie folgt:

1. Irgend welche primäre Strahlung, die von der Nova ausging, trifft auf bereits im Raume vorhandene Nebel, die bisher unsichtbar waren, und bringt dort in irgend welcher Weise eine sekundäre Strahlung hervor, die dann auf die photographische Platte wirkt.

2. Von der Nova geht fein verteilte Materie aus, die selbst als Nebel auf der Platte sichtbar wird.

„Den Vorzug größter Einfachheit,“ sagt Kopff, „hat eine Theorie, die gleichzeitig Kapteyn,[4]) Seeliger[5]) und W. E. Wilson[6]) aufgestellt haben. Danach hat der Nebel, der den Stern umgibt, kein oder nur äußerst schwaches Licht, und das, was die Wirkung auf der Platte hervorgebracht hat, ist das Licht der Nova selbst, das an diesen Nebeln reflektiert wurde. . . .

Aus den ersten Veröffentlichungen folgerte Kapteyn, „daß die Nebelmasse in der Nähe der Nova größtenteils aus Nebelstreifen bestehe, die in einem Raume enthalten sind, der auf der Sonnenseite von einer Ebene begrenzt ist. Diese Ebene muß gegen die Gesichtslinie eine Neigung von etwa 79° haben in solcher Richtung, daß der südwestliche Teil der Sonne am nächsten ist, und die Nova muß nahe an dieser Ebene stehen, also wenig in die Nebelmasse eingedrungen sein.“ Die aus der Bewegung hergeleitete Parallaxe der Nova gibt Kapteyn zu 0.011″ an. Auch Wilson[7]) hat die Parallaxe der Nova aus der Bewegung der Nebel berechnet. Aus Ritcheys Nebel a findet er für zwei verschiedene Beobachtungen 0.013″ und 0.012″. Da aber auch hier die Bewegung von a senkrecht zum Visionsradius angenommen wurde, so können, wie Kopff bemerkt, diese Werte nur dann Anspruch auf Wahrheit erheben, wenn diese Annahme zufällig erfüllt war. Das zu entscheiden, ist aber nicht möglich.

„Wenn uns,“ fährt Kopff fort, „die Erscheinung um die Nova Persei schon vorhandene Nebelmassen anzeigt, so muß man, wie Seeliger[8]) ausführt, schließen, daß die Strahlung von der Nova nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Intensität vor sich gegangen ist, und daß diese Materie nicht gleichförmig um die Nova verteilt liegt, sondern aus Bändern und Schalen besteht. So kann, wie Seeliger hervorhebt, jede beliebige Gestalt, Gestalts-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3752.
[2]) The American Journal of Science [4]. **16**. p. 49.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 3753.
[4]) Astron. Nachr. Nr. 3756.
[5]) Astron. Nachr. Nr. 3759.
[6]) Nature **65**. p. 98.
[7]) Nature. **65**. p. 298 und The scientific Proceedings of the R. Dublin Society N. S. **9**. p. 556.
[8]) Astrophys. Journal. **16**. p. 187 und **20**. p. 105.

veränderung und Bewegung verständlich werden, und eine sich unverändert weiterbewegende Kondensation zeigt nur an, daß in dieser Richtung ein Nebelstreif hinzieht, längs dessen die Materie gleichförmig verteilt ist."

Gegen die Theorie Prof. v. Seeligers sind verschiedene Bedenken laut geworden, die Kopff im einzelnen mitteilt und kritisch prüft. Hier kann nur einiges hervorgehoben werden.

Zunächst entsteht die Frage, ob unter den obwaltenden Umständen das reflektierte Licht stark genug ist, eine noch merkliche Wirkung auf der Platte hervorzurufen. Diese Frage wird von Prof. v. Seeliger auf Grund seiner theoretischen Untersuchungen bejaht, andere sprechen sich verneinend aus, Kopff stimmt ihr aber zu. Allerdings ist es nicht gelungen, bei den Novanebeln Polarisation des Lichtes nachzuweisen, indessen ist dies, wie schon v. Seeliger hervorgehoben hat, kein absolut zwingender Grund, in diesem Falle reflektiertes Licht auszunehmen.

„Perrine[1]) hat das Licht der Novanebel spektroskopisch untersucht. Da Aufnahmen von sieben bis elf Stunden Expositionsdauer immer nur den Nebel D (= m) zeigten, so beschränkte sich Perrine auf die Untersuchung dieser Kondensation. Eine Aufnahme von 34 Stunden gibt nur ein äußerst schwaches, aber diesem Nebel zweifellos angehörendes Spektrum. Dreiviertel des Lichtes des Nebels ist in den Teil des Spektrums zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ zusammengedrängt, gegen ultraviolett ist das Licht sehr schwach und fehlt gänzlich zwischen λ 380 und λ 390. Spuren von zwei Linien sind angedeutet, die eine fällt wahrscheinlich mit $H\delta$ zusammen, die andere liegt bei λ 370. Sie sind indessen so schwach, daß ihre Existenz nicht sicher ist.

Vergleicht man damit das Spektrum der Nova selbst, so zeigt sich eine große Ähnlichkeit mit demjenigen in den ersten Tagen nach dem Ausbruche. So zeigt das in Pulkowa[2]) erhaltene Spektrum vom 29. Febr. 1901 seine größte Helligkeit ebenfalls zwischen $H\beta$ und $H\gamma$, wird gegen kleinere Wellenlängen hin schwach und erreicht bei $H\delta$ nochmals ein Maximum. Bei etwa λ 400 tritt wieder eine geringe Zunahme des Lichtes auf, zwischen λ 380 und λ 390 fehlt es auch hier ganz. Das Spektrum der Nova ist nicht weiter nach violett hin beobachtet, so daß hier ein Vergleich beider Spektren nicht möglich ist.

Das Spektrum des Nebels ist jedenfalls nicht identisch mit dem der Nova seit Juli 1901. Hier zeigen sich zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ zwar auch noch helle Linien, und es wäre nicht unmöglich anzunehmen, daß die geringere Dispersion des Nebelspektrums diese Linien nicht zu trennen vermocht hätte. Aber die hellsten Teile des spätern Novaspektrums liegen bei λ 387 und λ 397, während das Spektrum des Nebels hier kein oder nur äußerst schwaches Licht zeigt. Die bei $H\delta$ liegende Linie des Nebelspektrums fehlt anderseits im Spektrum der Nova.

Das Spektrum der Kondensation D ist auch kein gewöhnliches Nebelspektrum. Denn in einem solchen treten die Linien $H\beta$ und $H\gamma$ als scharf begrenzte helle Linien auf, während das Spektrum von D zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ kontinuierlich ist.

Eine Aufnahme 1903 Febr. 17 der Nova mit demselben Spektrographen, mit dem auch die Kondensation D aufgenommen wurde, zeigte etwa dasselbe Spektrum, das die Nova schon im Herbste 1901 hatte. Die hellste Linie war hier λ 387, die mit der kaum angedeuteten Linie λ 370 im Spektrum von D nicht identisch sein kann.

Perrine kommt also zu dem Schlusse, daß das Spektrum der Kondensation D kein gewöhnliches Gasnebelspektrum ist, nicht das Spektrum der Nova, seit letzteres in ein Nebelspektrum übergegangen ist, sondern daß die Kondensation

---

[1]) Astrophys. Journal **17**. p. 310.
[2]) Publications de l'Observat. Central Nicolas Série 2. **17**.

D ungefähr dasselbe Licht ausstrahlt, das die Nova kurze Zeit nach ihrem Ausbruche besaß."

„Diese Beobachtung," sagt Kopff, „könnte als eine wesentliche Stütze der Seeligerschen Theorie betrachtet werden, obgleich sie auch in anderer Weise gedeutet zu werden vermag".

Im weitern behandelt Kopff verschiedene andere Hypothesen, besonders diejenige, welche Prof. Very aufgestellt hat, findet aber, daß keine derselben einen Vorzug vor der Seeligerschen Anschauung besitzt, und bemerkt zum Schlusse:

„Sieht man von dem Nebel m ab, dessen Existenz als selbstleuchtende Materie kaum einem Zweifel unterliegt, so vermag die Seeligersche Theorie in ziemlich einwandsfreier Weise die übrigen Erscheinungen zu erklären.

Wollte man trotzdem für die ganze Erscheinung eine einheitliche Erklärung geben, wozu eine gewisse Berechtigung nicht abzuleugnen ist, dann müßte man die Erscheinung durch die Bewegung von Massenteilchen deuten, die sich mit verschiedener Geschwindigkeit, deren größte von der des Lichtes nicht allzu stark abweichen kann, von der Nova entfernen und zum Teile in bereits vorhandenen, unregelmäßig um die Nova gelagerten Nebelmassen sich weiterbewegen, wobei die Teilchen selbstleuchtend sind, außerdem aber in den ruhenden Nebeln Lichterscheinungen hervorrufen. Die der Nova naheliegenden Massen besitzen anfangs nur geringe Bewegung und fangen erst später an, sich am Rande lebhaft auszubreiten. Dabei können die Teilchen unter einem von der Nova ausgehenden Strahlungsdruck stehen, der jedoch durch den Widerstand in den Nebeln mehr oder weniger aufgehoben wird und nur zuweilen in der an einzelnen Nebeln beobachteten Beschleunigung sich äußert.

Es läge nahe, bei den Novanebeln an Vorgänge zu denken, die der Strahlung des Radiums verwandt sind. Hingewiesen sei hierbei noch auf eine Bemerkung Hartmanns,[1]) der bei seiner ersten Untersuchung des Spektrums des Emaniumlichtes die Vermutung ausspricht, „daß möglicherweise eine Beziehung dieses Spektrums zum Spektrum der neuen Sterne bestehen könnte." Sowohl nach der Form der Hauptlinie des Emaniums als auch nach den gefundenen Wellenlängen zu schließen, kann eine solche Beziehung vorhanden sein.

Jedes Übertragen jedoch von selbst noch vollkommen rätselhaften Erscheinungen der Physik und damit jedes Eingehen in Einzelheiten kann nur zu Vermutungen von mehr als fraglicher Natur führen."

Untersuchungen über den Andromedanebel. Bekanntlich hat Roberts durch photographische Aufnahme dieses großen Nebels 1888 zuerst erkannt, daß derselbe ein flacher Spiralnebel ist, der schräg gegen die Gesichtslinie zur Erde liegt, und dessen zentrale Kondensation allem Anscheine nach kugelförmige Gestalt besitzt. Seitdem sind zahlreiche photographische Aufnahmen dieses Nebels erhalten worden, die diejenige von Roberts bestätigen.

Eine sehr wertvolle Untersuchung der photographischen Aufnahmen, welche von dem Andromedanebel auf dem astrophysikalischen Institut Königstuhl-Heidelberg gemacht worden sind, hat jetzt P. Götz veröffentlicht.[2])

---

[1]) Physikal. Zeitschrift **5**. p. 571.

[2]) Publikationen des Astrophysikalisch. Instituts Königstuhl-Heidelberg. **3**. Nr. 1.

Sehr richtig bemerkt er in der Einleitung: „Wenn auch photographische Aufnahmen an und für sich für die Erforschung des Weltsystems einen nicht hoch genug einzuschätzenden Wert haben, so können sie doch die exakte Arbeit auf diesem Gebiete nicht ausschalten. Ganz besonders gilt das für die Nebelforschung. Selbst die Erfindung des Stereokomparators, der es ja bekanntlich ermöglicht, Aufnahmen direkt zu vergleichen und somit Resultate, die sonst nur mit großem Arbeitsaufwande gefunden werden können, unmittelbar abzulesen, hat uns in dieser Hinsicht nicht viel weiter gebracht. Es ist zweifellos, daß der Stereokomparator in ferner Zukunft bei den Nebelflecken das Gewünschte leisten wird; die Zeit seit Einführung der Photographie in der Himmelskunde ist aber noch viel zu kurz im Verhältnisse zu den Zeiträumen, die zur Umbildung und Bewegung jener wunderbaren Systeme erforderlich sein müssen, um das jetzt schon zuzulassen. Anderseits liegt die Gefahr sehr nahe, daß die photographischen Platten sich nicht lange genug konservieren lassen, um in späterer Zeit mit den Neuaufnahmen verglichen werden zu können. Der einzig rationelle Weg, Aufschlüsse über solche ferne Nebelsysteme zu erlangen, ist deshalb die möglichst rasche zahlenmäßige Festlegung der Resultate der photographischen Aufnahmen."

Diesen Zweck verfolgt die Arbeit, die Götz auf Anregung von Prof. Wolf in Angriff nahm.

Die allgemeinen Gesichtspunkte, nach denen eine derartige Untersuchung von Nebelsystemen anzulegen wäre, sind, wie er hervorhebt, wohl die folgenden:

1. Abstand des Systems von der Erde.
2. Verbindung zwischen dem Nebel und den Sternen.
3. Physikalische Konstitution.
4. Eigenbewegung des Systems.
5. Veränderung in der Gestalt der einzelnen Teile.
6. Veränderungen in der Helligkeit der einzelnen Teile.
7. Rotationsbewegung des Systems.
8. Rotationsbewegung eines oder mehrerer der einzelnen Teile.
9. Eigenbewegung eines oder mehrerer der einzelnen Teile.

Die Parallaxenbestimmungen des Andromedanebels haben bis jetzt zu keinem Ergebnisse geführt. Die spektroskopischen Untersuchungen Scheiners über die physikalische Konstitution brachten ihn zu dem Schlusse, daß der Nebel „aus Sternen besteht oder wenigstens der Hauptsache nach keine Gasmasse ist, und daß er im wesentlichen Fixsterne der Spektralklasse IIa enthält, sich somit in einem gegen unser System schon vorgeschrittenen Stadium befindet."

Es handelte sich somit für Götz, soweit dies eben bei einer ersten Bearbeitung möglich ist, um die Ausführung der Punkte 2. und. 4 bis 9. des obigen Programmes. Zu diesem Zwecke wurde die Lage

des Nebels zu den über sein Gebiet hinweg verstreut liegenden Sternen fixiert, also die Örter aller dieser Sterne bestimmt und die Lage einer Reihe gut markierter und mit großer Wahrscheinlichkeit genau kontrollierbarer Punkte des Nebels zu den Sternen festgelegt. Mit der Frage über die Verbindung von Sternen und Nebelmaterie beschäftigt sich endlich ein mehr spekulativer Teil der Arbeit. Von einer photometrischen Untersuchung des Nebels mußte vorderhand abgesehen werden.

Für die vorliegenden Zwecke wurden sechs Aufnahmen benutzt, die am Institut auf dem Königstuhl mit dem Bruceteleskop von 16 Zoll Öffnung erhalten worden sind. Unter diesen Platten verdient eine den Vorzug, die 1901 August 14 von $9^h\ 15^m\ 24^s$ bis $12^h\ 55^m\ 24^s$ M. Z. Kgst. von Prof. Wolf aufgenommen worden ist bei anfangs wunderbar klarem Himmel. Während der letzten 40 Minuten wurde die Durchsichtigkeit schlechter, und zwar nach und nach in so bedenklicher Weise, daß die Aufnahme abgebrochen wurde. Der Nebel steht genau auf der Mitte der Platte. Das auf der Platte abgebildete Feld umfaßt 6.5° in Rektaszension und 8° in Deklination. Der Nebel bedeckt also nur einen kleinen Teil in der Mitte der Platte.

Die Ausmessungen sind am Repsoldschen Meßapparat des Instituts ausgeführt, und die Helligkeit der vermessenen Sterne schwankt zwischen der 9. und 16. Größe.

Die Arbeit der Ausmessungen der Platten verteilt sich über 51 Tage, durch dieselbe ist ein Katalog der Örter von 1259 Sternen in und nahe dem Nebel zustande gekommen. Um die Lage des Nebels unter den in diesem Kataloge enthaltenen Sternen für den Abend der Aufnahme zu fixieren, wurden die Örter aller einigermaßen gut definierten Punkte der Spiralen bestimmt. Auf die Schwierigkeiten einer solchen Vermessung hat schon Scheiner in seiner Abhandlung über den Orionnebel aufmerksam gemacht. „Bei dem Andromedanebel," sagt Götz, „liegt die Sache noch schlimmer. Die ganze Nebelmasse mit Ausnahme des hellen Kernes und seiner unmittelbaren Nachbarschaft ist so äußerst diffus, daß wirklich scharf bestimmte Punkte, z. B. schroffe Ecken, kleine Nebelwolken mit kernartiger Verdichtung, Höhlen oder Löcher in den Windungen der Spirale, nebelfreie Kanäle usw. in sehr geringer Zahl vorhanden sind. Diese wenigen markanten Stellen der Nebelmasse sind bei der Messung der Sterne mitgenommen. Zur Ortsbestimmung weiterer Punkte wurde dann eine Reproduktion benutzt. Gegen die Verwendung von Reproduktionsplatten zu Meßzwecken kann man schwerwiegende und berechtigte Einwände erheben. Hier war sie nicht zu umgehen. Durch die Reproduktion und gleichzeitige Vergrößerung sind die schwachen Nebelpartien herausgeholt, die Kontraste verschärft und dadurch die Erkennung der feinen Details in der Zeichnung der Nebellinien unbeeinflußt vom Korne der Platte ermöglicht. So konnte den auf der Hauptplatte vermessenen Ob-

jekten eine Reihe neuer hinzugefügt werden, die nachträglich auf der Originalplatte wohl identifiziert werden konnten, deren Messung dort aber ausgeschlossen ist. Die Positionen dieser Punkte sind auf zwei verschiedenen von Prof. Wolf hergestellten Reproduktionen desselben Originals ermittelt. Die eine ist eine 2.4-fache, die andere eine 1.9-fache Vergrößerung. Die Platten sind Negative, also durch doppelten Umdruck hergestellt. Daß die abzuleitenden Örter keinen großen Grad von Genauigkeit beanspruchen können, liegt in der Natur der Sache. Es wurden daher die Messungen nicht mit dem Repsoldschen Apparate, sondern mit dem Stereokomparator ausgeführt." Ausschließlich sind nur solche Objekte ausgewählt, die leicht wiedergefunden und wiedergemessen werden können.

Diese Positionen sind ebenfalls in einem Kataloge niedergelegt, und die Hoffnung ist begründet, daß das in beiden Katalogen niedergelegte Material schon in wenigen Dezennien die Erforschung der Bewegungsgesetze innerhalb der Nebelmasse ermöglichen wird. Damit wird sich dann auch von selbst die Frage lösen nach dem organischen Zusammenhange zwischen dem Nebel und den Sternen.

Götz gibt zunächst eine Schilderung der äußern Gestalt des Nebels, wobei er sich einer von ihm entworfenen Skelettkarte desselben bedient, die auf Seite 124 reproduziert ist.

Der Andromedanebel, sagt Götz, ist ein Spiralnebel, dessen Ebene wohl unter einem Winkel von ungefähr 15° gegen den Visionsradius geneigt sein mag. Das erschwert die Verfolgung der einzelnen Windungen der Spirale und beeinträchtigt die einwandfreie Erkenntnis seiner wahren Gestalt. Der Sinn der Spirale ist S-förmig nach der Wolfschen Bezeichnungsweise.

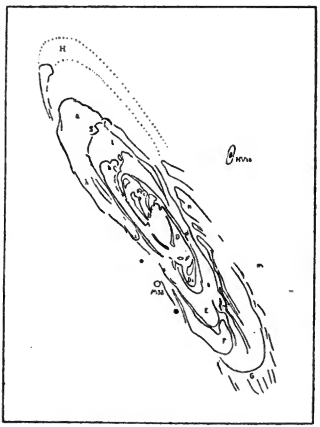
Der Kern des Nebels ist von kugeliger Struktur und überwiegt an Strahlungsintensität weit die äußern Nebelpartien. Das Maximum der Helligkeit ist im Zentrum des Kernes, das sternartig erscheint, und dessen Helligkeit von Holetscheck als 5.7 Größe bestimmt ist. Von da ab findet innerhalb des Kernes langsamer und ziemlich stetiger Lichtabfall nach allen Seiten statt. Eine Struktur in der Nebelmasse ist erst zu erkennen in einer Entfernung von etwa drei Bogenminuten vom Mittelpunkte. In diesem Abstande findet eine schroffe Abnahme der Helligkeit statt.

Vom Kerne lösen sich einzelne Nebelarme los, und zwar die Hauptarme alle im Nordosten.

Arm A läßt sich unmittelbar aus dem Kerne heraus verfolgen. Die Nebelmasse strömt zunächst parallel der Richtung der großen Achse der innern und nördlich vom Kerne gelegenen Windungen, also unter einem Positionswinkel von etwa 36°, zerfällt dann in eine Reihe von Wolken, deren Zugehörigkeit zu dieser Windung unverkennbar ist. Wo der Hauptarm ungefähr seinen größten Abstand vom Kerne erreicht und in die entgegengesetzte Richtung umwendet, löst sich ein ganz schwacher Strom los, der anfangs noch die alte

Richtung beibehält, später verschwindet die charakteristische Gruppierung der Nebelballen in einer Hauptrichtung, die einzelnen Wolken verschmelzen mit denen des Armes B. Die ganze Nebelpartie A ist ziemlich hell, sie gehört noch zu dem mit bloßem Auge wahrnehmbaren Teile des Nebels, der Lichtabfall von der Helligkeit des Kernes zu der des Armes vollzieht sich sehr rasch.

Arm B kommt in breiter Masse aus dem Kerne heraus. Die Abnahme der Helligkeit geschieht hier nicht so schroff wie bei Arm A, sondern stetiger und langsamer. Arm B ist von Arm A scharf getrennt durch einen weit in den Kern hineinreichenden fast, nebelfreien Kanal von kaum zwei Bogensekunden Breite. Dieser spaltet sich in zwei Teile; der eine wendet sich nach Norden und verschwindet rasch in den Nebelmassen von B, der andere Teil dieser nebelfreien Zone lagert längs der Ostgrenze der Windung B. Diese Grenze, die konvexe Seite der Windung B, ist infolgedessen sehr scharf.



Skelettkarte des Andromedanebels von P. Götz.

Dieser zweite Hauptstrom der Nebelmasse aus dem Kerne heraus ist mächtiger und auch relativ heller als A. Er wendet sich rasch nach Norden um, wobei die Masse sich bald wie A in lauter einzelne, scheinbar unregelmäßig gelagerte Nebelwolken auflöst. Dasselbe gilt von einem dritten aus dem Kerne hervorbrechenden und durch zwei „Höhlen" von B getrennten Nebelstrom C, der überhaupt nicht mehr recht als Nebelarm charakterisiert werden kann, da er aus einer Anzahl regellos gelagerter Wolken gebildet wird.

Später wenden sich A, B und C nach der der ursprünglichen Richtung parallelen in entgegengesetztem Sinne, also nach Südwesten. Dieser Richtungssinn ist weniger angedeutet durch die Gruppierung der Nebelballen als durch einen von Nebelmaterie freien Kanal, der sich in schwach gekrümmter Kurve am Kerne vorbeizieht. Von hier ab ist er mit äußerst diffusem Nebel erfüllt, läßt sich aber doch noch deutlich über mehrere Sterne verfolgen. Diese im ersten Teile fast nebelfreie Zone begrenzt eine vierte Windung D, die nicht aus dem Kerne heraus verfolgt werden kann, vielmehr die Fortsetzung der drei obigen

Hauptströme zu sein scheint. Man sieht zunächst einen dem Kerne anliegenden schmalen, fast gar nicht gegliederten Nebelstreif, der sich dann im Süden und Südwesten des Kernes in breiter Masse ausdehnt. Er ist der hellste aller Arme, vom Kerne durch einen weitern, äußerst schmalen nebelarmen Kanal getrennt. Die helle Masse des Kernes ist diesem Arme zum großen Teile im Visionsradius vorgelagert, und dies verhindert eine deutliche Weiterverfolgung der Windungen A, B, C bis D hin. Sobald er hinter dem Kerne hervortritt, breitet er sich wie ein Füllhorn aus und zerfällt ebenfalls in einzelne größere Wolken. Was oben bei Windung A und B hervorgehoben, gilt auch hier: die konvexe Seite der Krümmung ist eine zusammenhängende, verhältnismäßig scharf begrenzte Linie, die dem Kerne zugekehrte dagegen ist in eine Reihe regellos gelagerter Nebelwolken und -wölkchen aufgelöst. Der südwestlich vom Kerne liegende Teil der Windung D ist die an zusammenhängender Nebelmasse größte Partie, dabei von fast gleicher Helligkeit über die ganze bestrichene Fläche weg.

Die bisher beschriebenen Teile bilden den für das Auge sichtbaren Kern des Nebels. Der weitere Verlauf der Windungen läßt sich leicht an der Hand der Skizze Seite 124 an jeder Kopie des Nebels verfolgen. Götz hebt noch folgendes Charakteristische hervor.

Die Hauptarme lösen sich, wie bereits gesagt, alle im NE-N-Ende des Kernes los. Der Sinn der Drehung des ganzen Systems ist N-E-S-W. Die von dem Kerne abgewandte Seite der Windungen ist relativ scharf begrenzt, während die konkave Seite stets mehr oder weniger zerfetzt erscheint. Für die äußern Windungen der Spirale gilt das nicht mehr. Vielmehr herrscht da eher die umgekehrte Tendenz. Diese sind überhaupt kein so zusammenhängendes Ganzes mehr wie die innern Arme, sondern gebildet von einer Reihe von Nebelballen und Nebelfetzen, die aber sehr deutlich in der Spirale gelagert sind.

Die Nebelarme bestreichen den größten Flächenraum an den Umkehrpunkten (den Kulminationspunkten), was ein direkter Beweis dafür ist, daß wir eine Spirale perspektivisch sehen.

Charakteristisch für die Windungen E und F im Südwesten des Kernes ist, daß neben der einen Hauptrichtung in der Struktur der Nebelmassen, nämlich der spiraligen, hier eine zweite parallel der großen Achse der scheinbar elliptischen Windungen vorhanden ist. Die hellen Wolken bei F sind alle in dieser Richtung zerfetzt, wobei die aufgelöste Seite vom Kerne abgekehrt ist, und von nebelfreien oder nebelarmen Kanälen durchzogen, die also die spiralige Windung stellenweise direkt durchkreuzen. Stellenweise nur, denn diese Kanäle gehen nicht radial, sondern alle parallel und parallel der großen Achse.

Noch frappanter ist eine andere Tatsache, die wohl damit zusammenhängt. Die große Achse der Windungen A, B, C und D

(D soweit sie oben beschrieben) weicht von der NS-Richtung um einen Winkel von etwa 36° ab. Bei dem Kulminationspunkte von D löst sich von D ein neuer Nebelarm D_1 los. Die in dieser Richtung vom Kerne abgelegene nächstfolgende Windung kulminiert bei Stern 141, die nächste bei Stern 95 ungefähr. Die große Achse dieser drei Arme fällt also nicht in die alte Richtung, sondern hat einen Positionswinkel von etwa 31°. Die Achse sämtlicher übrigen Windungen, einschließlich G im Südwesten, fällt mit der von A, B, C und D zusammen. Abweichend sind also nur die drei: D_1, E und F. Es sieht aus, als ob dieser Teil des Nebels längs einer Linie nach Süden abgebogen wäre. Die Umgebung von Stern H 10 (= B. D. + 40.145°) ist ferner nur von feinsten Nebelschleiern erfüllt, so daß die Windungen D_1 und E hier nahezu unterbrochen scheinen. Bei den Nebelmassen der Windungen auf der andern Seite (NW) des Kernes ist eine derartige Diskontinuität nicht vorhanden.

Hervorgehoben muß noch einmal werden, daß die äußerste Windung auf der Südwestseite des Kernes, Windung G, wieder normal, wenn man so sagen darf, verläuft. Von Windung H wagt Götz keine nähern Angaben zu machen; sie ist auf den besten Reproduktionen nur angedeutet. In F liegen die größten Massenzentren und die, abgesehen vom Kerne, überwiegend hellsten Partien der ganzen Nebelmasse.

Götz geht nun zu einer statistischen Untersuchung über eine etwaige gesetzmäßige Anordnung der Sterne mit Bezug auf den Nebel über. Der Andromedanebel, sagt er, bedeckt ein Feld von nahezu zwei Quadratgraden am Himmel, die Platte umfaßt ein gut ausgezeichnetes Gebiet von 20 Quadratgraden. Wenn also irgend eine gesetzmäßige Anordnung der Sterne infolge der Anwesenheit des Nebels vorhanden wäre, so müßte sich das bei einer zahlenmäßigen Untersuchung der Sterndichte auf der Platte zeigen.

Die Platte wurde daher mit einem auf einer andern Platte aufkopierten Gitter bedeckt, und die Anzahl der Sterne in jedem Gitterquadrat festgestellt. Die Seitenlänge der Quadrate betrug etwas mehr als 5 *mm* = 8.4 Bogenminuten, eine der Sterndichte in der Gegend des Nebels angemessene Größe.

Es ergab sich, daß die Sternverteilung auf dem abgezählten Felde eine rein zufällige ist und keine systematische Anordnung erkennen läßt.

Aus diesem Resultate läßt sich natürlich nichts folgern auf die Gruppierung der Sterne im Nebel selbst. Dazu ist die Seitenlänge der einzelnen Quadrate zu groß gewählt. Es sollte eben mit dieser Untersuchung nur gezeigt werden, daß für den Andromedanebel kein derartiger Zusammenhang mit den Sternen besteht, wie es bei den sogenannten Höhlennebeln der Fall ist.

Um die Sternverteilung im Nebel selbst zu studieren, benutzte Götz eine von Prof. Wolf hergestellte vierfache Vergrößerung auf

Bromsilberpapier. Darauf wurde ein Netz von Quadraten mit wieder 5 *mm* Seitenlänge = 2.1 Bogenminuten gezeichnet, und zwar mit Lasurtinte, damit kein Stern übersehen werden konnte. Das abgezählte Feld umfaßt hier bloß vier Quadratgrade, d. h. bloß den Nebel und seine allernächste Umgebung. Die schwächsten Sterne waren noch sehr gut zu erkennen.

Das Ergebnis der Zählung wird durch Tabellen veranschaulicht. Es läßt sich konstatieren:

„An den Kulminationspunkten der Windungen sind Felder großer Sterndichte, so bei a^1, b, c, D_1, bei F weniger.

Die hellern Nebelwolken sind fast alle Anhäufungszentren von Sternen, so d, f, p, g.

Die Anordnung der Sterne längs des Armes h bis i ist so auffällig, daß sie auf jeder Kopie sofort zu erkennen ist.

Die Stellen größerer Sterndichte folgen stellenweise den Nebelzügen bis ins Detail hinein; am frappantesten tritt das bei b hervor, ferner bei i und n, weniger bei k.

Die mit nur allerfeinster und lichtschwächster Nebelmaterie angefüllte Gegend um l ist auch relativ sternarm. Es ist die einzige große, fast nebelfreie Stelle innerhalb des von dem Nebel bedeckten Gebietes.

Absolut sternleere Stellen sind auf dem Gebiete des Nebels im Verhältnisse zu den umliegenden Gegenden sehr zurücktretend.

Die durchschnittliche Sternzahl ist innerhalb des Nebels 2.4 pro Quadrat, im NW des Nebels 1.3, im SE 1.9, also im Nebel selbst ist die Sterndichte größer als in seiner unmittelbaren Umgebung, und in dieser wieder ist der Südosten sternreicher als der Nordwesten. Es ist nun eine beachtenswerte Tatsache, daß bei allen Reproduktionen, die Prof. Wolf bisher vom Andromedanebel machte, der sternreichere SE-Teil der Platte stets hell herauskam, d. h. anscheinend ganz mit Nebelmaterie erfüllt, die diese Gegend verschleiert. Mehr wie ein Schleier ist es nicht und von einer Struktur daher nichts zu erkennen.

Alle die angeführten Punkte sprechen mehr oder weniger für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Nebel und dem größten Teile der auf seinem Gebiete liegenden Sterne.

Aber noch weitere Schlüsse lassen sich ziehen. In der Nordosthälfte des Nebels, sagt Götz, ist die durchschnittliche Sterndichte 2.7, im Südwesten nur 2.2. Der sternreichere Nordosten enthält außer den Partien in nächster Nähe des Kernes nur relativ lichtschwache Nebelarme, in denen nach dem obigen sich die Kurven größter Sterndichte den Nebellinien gut anschmiegen, die Sterne also im großen ganzen in diesen gruppiert sind.

Der sternärmere Südwesten enthält die großen Kondensationskerne in der Nebelmasse, die einzelnen Nebelzüge sind zerklüftet und zerrissen, die Hauptwindungen nach Süden abgebogen. Von

einem Zusammenhange zwischen Nebelzügen und Sterndichte ist hier nur in nächster Nachbarschaft des Kernes etwas wahrzunehmen. Er fehlt direkt in den großen Nebelansammlungen der Windungen E und F.

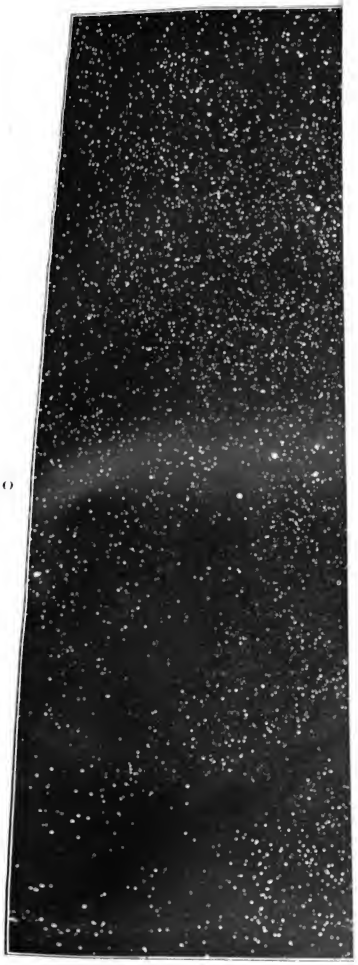
Die verschiedenen Teile des Nebels scheinen sich demnach in verschiedenen Stadien der Entwicklung zu befinden. Im Nordosten, in dem sich die Entwicklung des Systems, der Gestalt der Nebelzüge nach zu schließen, ungestört vollziehen konnte, ist der Prozeß der Sternbildung aus der Nebelmaterie schon ziemlich fortgeschritten. Im Südwesten des Kernes dagegen haben offenbar Störungen irgend, welcher Art diese Entwicklung verzögert. Was für Störungen das waren, entzieht sich vorderhand noch der Beurteilung. Daß sie aber wirksam waren, dafür zeugt der ganze, schon wiederholt charakterisierte Aufbau der Nebelmasse in diesem Teile des Nebels.

So hat denn die Untersuchung von Götz zu wichtigen Schlüssen über den Andromedanebel geführt. Vergleicht man sie mit den ärmlichen Folgerungen, welche die teleskopische Beobachtung des letztern früher geliefert, so erkennt man handgreiflich die ungeheuere Bedeutung der Photographie für die Untersuchung der Himmelsräume.

Der planetarische Nebel M 97 im großen Bären. Derselbe steht (für 1900,0) in R. A. $= 11^h\ 9^m$, D $= +55°\ 34'$. Er hat einen scheinbaren Durchmesser von $2\frac{2}{3}'$, und sein Licht ist nach W. Herschel völlig gleichmäßig, der Rand jedoch nicht scharf, sondern verschwommen. Dieser Nebel ist später berühmt geworden durch die Darstellung, welche Lord Rosse von ihm gab, entsprechend dem Aussehen dieses Nebels in dem großen 6-füßigen Spiegelteleskop zu Parsonstown. Dieser Nebel ist neuerdings von Prof. E. E. Barnard am 40-zolligen Refraktor der Yerkessternwarte beobachtet worden, und hat der genannte Astronom darüber interessante Mitteilungen gemacht.[1]) Er bemerkt, daß für eine punktförmige Lichtquelle das Verhältnis der Lichtstärke im Yerkesrefraktor sich zu demjenigen im Rosseschen Riesenteleskop verhält wie $1 : 3^1/_5$, wobei allerdings vorausgesetzt wird, daß der Lichtverlust beim Durchgange, durch die Linsen des Refraktors der nämliche ist wie bei der Reflexion vom Spiegel des großen Reflektors; auch ist zu beachten, daß die Reflexionsfähigkeit des letztern, je nach dem Zustande seiner Oberfläche, zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden war.

Prof. Barnard hat sowohl am 36-Zoller der Licksternwarte als am 40-Zoller der Yerkessternwarte eine große Anzahl Nebelflecke (besonders planetarische), die von Lord Rosse und dessen Assistenten gezeichnet sind, untersucht. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß im großen und ganzen der Yerkesrefraktor alles zeigt, was am Rosse-

[1]) Monthly Notices Royal Astron. Soc. 67. Juni 1907. p. 534.



Ed. Heh. Mayer. Verlag. Leipzig.

Dunkle
im Ster

Nach der photographischen Aufna

schen großen Teleskop gesehen werden kann. Nur einige Details in den Rosseschen Zeichnungen gewisser Nebel konnten nicht wahrgenommen werden, dafür zeigte der Yerkesrefraktor andere Details, die das Rossesche Teleskop nicht erkennen ließ.

Sehr häufig sieht man auf den Zeichnungen Rosses um die planetarischen Nebel fransenförmige Strahlen oder sogenannte Bärte, von denen der Yerkesrefraktor nichts zeigt; auch auf der Photographie zeigen sie sich nicht; es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Gebilde nicht wirklich sind, sondern nur durch optische Fehler des Reflektors entstanden.

Ein merkwürdiges Beispiel von eigentümlichem Aussehen eines Nebels unter den Rosseschen Zeichnungen ist der obenerwähnte Nebelfleck, dem Prof. Barnard jetzt eine genaue Untersuchung widmete. Die Zeichnung Rosses stammt aus dem Frühjahre 1848, und sie ist in der Abhandlung wiedergegeben. Nach dieser Zeichnung hat man den Nebel bisweilen „Eulennebel" genannt, denn das Aussehen gleicht einigermaßen dem Gesichte einer Eule. Prof. Barnard gibt in seiner Abhandlung eine Zusammenstellung der hauptsächlich aus dem Jahre 1848 stammenden Bemerkungen Lord Rosses und seiner Mitbeobachter über die Sterne in diesem Nebel. Diese Bemerkungen sind, wie Prof. Barnard hervorhebt, häufig sehr unklar, so viel scheint jedoch sicher zu sein, daß der hellste und stets sichtbare Stern in dem Nebel derjenigen war, welcher die Pupille des rechten Auges des Eulenkopfes bezeichnet, der andere war erheblich schwächer und oft gar nicht sichtbar. In der von Prof. Barnard gegebenen schematischen Zeichnung des Nebels, welche seine Reproduktion zeigt, ist der helle Stern mit 1 bezeichnet, der schwache Rossesche Stern steht an der Stelle von 2.

Am 7. April 1907 hat Prof. Barnard den Nebel mit dem 10-zolligen Bruceteleskop und sechsstündigem Exponieren aufgenommen. Die Photographie zeigt eine neblige runde Masse mit einem hellen Zentralstern und rechts und links von diesem zwei ungleich dunkle Stellen. Bei starker Vergrößerung der Platte scheint das Ganze aus einer etwas elliptischen Scheibe zu bestehen, die unsymmetrisch eine schwache kreisrunde Scheibe überlagert. Die größte Verschiebung beider Scheiben zeigt sich an der nachfolgenden Seite, wo der Rand der hellen Scheibe um etwa 0.2 Halbmesser dem Zentralsterne näher liegt. Im entgegengesetzten Teile des Nebels ist einiges Detail erkennbar in Gestalt von schmalen, gekrümmten, hellen Massen, die sich gegen die südliche Seite hinziehen; etwas ähnliches zeigt sich am nördlichen Rande. Von den dunkeln Flecken ist der nachfolgende viel kleiner als der andere, und der hellere Kern (Zentralstern) erscheint so groß, daß er die Trennung der beiden dunkeln Flecke überdeckt. Der Stern 2 ist schwach zu erkennen und steht außerhalb des Randes des entsprechenden dunkeln Fleckes. Spuren von Strahlen um den Nebel sind nicht vorhanden.

Im Jahre 1895 April 20 hat Dr. Roberts den Nebel mit seinem 20-zolligen Reflektor photographiert, bei vierstündigem Exponieren. Nach seiner Angabe hat der Nebel 203″ im Durchmesser, und der von Rosse erwähnte helle Stern, ist 15. Größe, sehr augenfällig und steht im Zentrum des Nebels; andere Sterne sind nicht sichtbar.

Vom Aussehen des Nebels im 40-zolligen Yerkesrefraktor gibt Prof. Barnard mehrere Notizen:

1899 Februar 6. Der Stern 2 steht gerade außerhalb des dunkeln Fleckes.

1900 Dezember 18. Ebenso. Der Stern 2 ist schwer zu messen. Gleichfalls so Dezember 25, wo der Stern nur blicksweise sichtbar war.

1902 Februar 7. Der Zentralstern ist 16.5 Größe, sehr schwierig, Stern 2 kann nur schwach wahrgenommen werden.

Der Stern 1 steht zwischen den Augen (dunkeln Flecken) auf der Nase des Gesichtes, aber näher dem nachfolgenden dunkeln Flecke.

1907 März 10. Der Stern 2 ist $1^1/_2$ Größenklassen schwächer als der Zentralstern, der nachfolgende dunkle Fleck ist bestimmter und dunkler als der andere. Der Zentralstern steht näher dem nachfolgenden dunkeln Flecke, aber nicht in ihm.

März 17. Der Zentralstern, etwa 13. Größe, ist frei von Nebel, die beiden andern Sterne sind schwach zu sehen. Stern 3 ist sehr schwierig wahrzunehmen. Eine spiralige Anordnung in dem Nebel ist nicht zu erkennen.

April 2. Der Zentralstern ist 13.5 oder 14. Größe, Stern 2 ist 15. Größe, Stern 3 etwa eine Größenklasse schwächer als 2. Keine spiralige oder sonstige Struktur ist in dem Nebel zu erkennen. Letzterer ist unregelmäßig rund mit sehr schlecht begrenztem Rande.

Über eine Beobachtung des Nebels am 36-Zoller der Lickstern-warte 1894 April 8 und 350-facher Vergrößerung, bemerkte Prof. Barnard folgendes:

Der Nebel ist rund, der Rand gut begrenzt. Ein Stern 15. Größe (der Zentralstern) steht gerade frei vor dem Rande des dunkeln Fleckes, ein oder zwei schwache Sterne zeigen sich südlich folgend, aber keine in einem der beiden dunkeln Flecke. Keine spiralige Struktur des Nebels erkennbar. Prof. Barnard glaubt, daß der Zentralstern veränderlich ist, da er zuzeiten erheblich schwächer als zu andern erschien. Er gibt eine schematische Zeichnung der relativen Lage der von ihm gesehenen und gemessenen Sterne mit Bezug auf den Nebel und die dunkeln Flecke in ihm, sowie die von ihm ausgeführten Messungen, endlich eine Zeichnung des Aussehens dieses Nebels im März 1907 am 40-Zoller. Dieselbe ist von Barnard reproduziert, rechts neben der von Rosse gegebenen Darstellung des Nebels. Wird letztere als richtig angenommen, so haben die beiden dunkeln Flecke seit Mitte des vorigen Jahrhunderts ihre scheinbare Lage gegen die beiden Sterne merklich geändert.

Nebelfleckhaufen und Nebelreichtum im Sagittarius. Professor H. Wolf fand[1]) auf einer mit dem Bruceteleskop gemachten Aufnahme vom 16. Juli 1906, mit 3^h Belichtung, nahe der Mitte etwa $1^1/_2{}^\circ$ nordöstlich von ε_2 Sagittarii einen ausgedehnten Nebelflecken, der einen ähnlichen Anblick darbot, wie der Nebel bei 26 Ceti. Er erschien als schwaches, nebeliges Wölkchen von deutlich gesprenkeltem Aussehen, so daß Prof. Wolf auf die Vermutung kam, es auch hier mit einem Nebelfleckhaufen engster Art zu tun zu haben.

Eine Aufnahme mit dem Bruceteleskop vom 16. Juli 1907 ergab das gleiche Aussehen des Nebels. Die ganzen Platten (sie decken etwa 48 Quadratgrade) zeigten sich außerdem so bedeckt mit schwachen Nebelfleckchen, von Wolfs Klasse I_1 (rund mit zentraler Verdichtung) angehörend, und in der Umgebung des großen Nebels ließen sich so viele Nebelkerne unterscheiden, daß die gehegte Vermutung zur Überzeugung wurde. Wolf photographierte deshalb am 8. August 1907 den Nebelflecken bei einer Belichtung von $3^h\ 2^m$ mit dem Waltzreflektor. Obwohl die Platte nicht sehr scharf ausfiel wegen der Luftunruhe und der tiefen Lage des Objektes, läßt sich doch erkennen, daß der Nebel aus zahllosen einzelnen Nebelfleckchen zusammengesetzt erscheint.

„Im nördlichen Rande des Haufens liegen die zwei für den Reflektor hellen Nebel: Index Catalogue 1308 und New General Catalogue 6822. Der letztere ist von Barnard, der erstere von Stone entdeckt worden. Der Barnardsche Nebel geht dem Stoneschen 12^s voraus und liegt fast genau auf demselben Parallel, etwas nördlicher. Er ist etwas heller als der Stonesche Nebel und besitzt einen sternartigen, nachfolgenden und mehrere nebelige, vorangehende Kerne. Von dieser Gegend (etwas nördlicher) erstreckt sich die obengenannte Nebelwolke in unregelmäßiger, etwas runder Form, mit etwa 25, Durchmesser, nach Süden. Ihre Mitte liegt (für 1855.0) in R. A. $= 19^h\ 36^m\ 49.0^s$ D $= -15^\circ\ 10.1'$. Der intensivste Teil zieht in linearer Erstreckung unter einem Positionswinkel von etwa 20° wenig westlich von der angegebenen Mitte vorüber. Hier sind auch die Nebelkerne am hellsten und durch hellen diffusen Schein verbunden, während sie weiter außen in netzartiger Anordnung großenteils einzeln erkennbar werden, bis sie allmählich der Kraft des Reflektors entschwinden. Im allgemeinen sind die Kerne zu verwaschen und stehen zu dicht, um, wenigstens auf der vorhandenen Reflektoraufnahme, auseinander gehalten und gezählt werden zu können.

Auf den Platten vom Bruceteleskop sind überhaupt nur die hellsten Kerne sichtbar und alle übrigen zu diffusem Scheine verschmolzen, der granuliertes Aussehen besitzt.

Wie schon bemerkt, ist der Reichtum an Nebelflecken in der ganzen Umgegend, die doch den Rand der sternreichsten Gegend

[1]) Astron. Nachr. Nr. 4207.

der Milchstraße bildet, ungemein groß und wird wohl nicht beträchtlich hinter jenem am Pole der Milchstraße zurückstehen. Der angegebene Nebelhaufen selbst ist, wie beschrieben, ganz dicht gedrängt, wie ein enger Sternhaufen und bietet deshalb einen ganz andern Anblick, als jene Gegend in Coma Berenices, wo die einzelnen Nebel durch relativ große Zwischenräume getrennt sind."

Die Sternverteilung um die großen Nebel bei ξ Persei und 12 Monocerotis. Prof. Wolf hat vor mehrern Jahren an der Hand seiner Nebelfleckaufnahmen die merkwürdige Tatsache entdeckt, daß ausgedehnte Nebelmassen stets zugleich mit solchen Stellen vorkommen, wo die Sternzahl plötzlich geringer wird, und fast gar keine schwachen Sterne vorhanden sind; stets finden sich solche Nebel oder wenigstens ihre wahrnehmbaren Teile zusammen mit ausgedehnten Sternleeren. Zwei hervorragende Beispiele dieser Art hat A. Kopff untersucht, nämlich den großen Orionnebel und den sogenannten Amerikanebel. Jetzt hat nun K. Lohnert die Sternverteilung um die großen Nebel bei ξ Persei und bei 12 Monocerotis untersucht und die Tatsache auch hier bestätigt gefunden.[1])

Beide Nebelflecke, sagt Lohnert, zeigen deutlich die von Prof. Wolf gefundene Erscheinung der einhüllenden und einseitig verschobenen Sternleeren.

Die Aufnahmen, die der Untersuchung zugrunde gelegt wurden, sind von Prof. Wolf am 16-Zoller des Bruceteleskops gemacht, und zwar:

B 1094 α Perseinebel, 1904 Oktober 15, Belichtung 5 Stund. 2 Min.
B 1410 12 Monocerotisnebel, 1906 Jan. 23, Belichtung 6 Stund. 0 Min.

Die Platten, die das Format 24 × 30 *cm* besitzen, wurden von Lohnert unter dem Mikroskop des Repsoldmeßapparates abgezählt. Dabei war eine Platte, die in Quadrate von je 4 *mm* Seitenlänge geteilt war, Schicht gegen Schicht auf die Aufnahmen gepreßt. Zu diesem Zwecke hatte Prof. Wolf mittels einer Teilmaschine, die ihm die Firma Wilh. Hawerbier in Heidelberg zur Verfügung gestellt hatte, eine Glasplatte von 24 × 30 *cm* mit dem Diamant geteilt und auf photographischem Wege Abzüge auf Trockenplatten davon genommen. Einer dieser Abzüge wurde Lohnert zu diesen Zählungen zur Verfügung gestellt. Da der Abzug glasklar war, so konnten die schwächsten Sterne gezählt werden. Jedes Quadrat wurde mindestens zweimal gezählt.

Lohnert gibt Tabellen, in denen die Sternzahlen der einzeln gezählten Quadratchen des aufgelegten Netzes eingetragen sind, und auf Grund von diesen hat er die Sternverteilung geographisch in Karten dargestellt, welche weiße, einfach, zwei-, drei- und vier-

[1]) Publikationen des Astrophysikal. Instituts Königstuhl-Heidelberg 2. Nr. 11.

fache schraffierte Quadrate enthalten, je nach der Zahl der darin vorhandenen Sterne. Aus diesen Karten erkennt man bei beiden Nebelflecken die Sternleere, die die Nebel umhüllt, und den sternleeren Weg, der sich einseitig anschließt. Bemerkenswert ist außerdem eine sternhaufenartige Gruppe sehr heller Sterne, die fast zentral vom Nebel von 12 Monocerotis eingehüllt wird.

Prof. Wolf macht zu diesen Untersuchungen noch folgende Bemerkung:

„Die von Herrn Lohnert bearbeiteten beiden Nebelflecke zeigen in klarer Form die von mir früher beschriebene Erscheinung der Straßenbildung der Milchstraßennebel. Ich konnte nunmehr auch die Bewegungsrichtung des Vorganges an diesen zwei Nebelflecken zu ermitteln suchen. Es ergab sich, wobei ich auch noch die beiden früher (Publ. **4.** p. 177) von uns bearbeiteten Nebel hier mit hinzuziehe:

Θ Orionnebel	$\alpha =$	5^h	28^m	$\delta = -$	5°	30′	Pos.-Winkel 327°
12 Monocerotisnebel .		6	24	+	5	15	„ 329
ξ Perseinebel		3	52	+36		5	„ 137
Nordamerikanebel . .		20	56	+44		30	„ 46

Bringt man die größten Kreise, die unter diesen Positionswinkeln durch die Objekte gezogen werden können, für zwei Objekte zum Schnitte, so liegt dieser Schnittpunkt:

für Nordamerikanebel und ξ Perseinebel in	$\alpha =$	22^h	22^m	$\delta = +54.7°$
für ξ Perseinebel und Monocerotisnebel in		22	32	55.1
für Orionnebel und ξ Perseinebel in . . .		22	49	57.0

Es ergibt sich somit eine auffallende Übereinstimmung, wie sie auch Courvoisier vermutet hat.

Wenn man von einem gemeinsamen Zielpunkte reden wollte, so wäre derselbe etwa bei:

$$\alpha = 22^h\,34^m \quad \delta = +55.6° \; (1855.0)$$

zu suchen; also mitten in der Milchstraße, südöstlich von δ Cephei. Von uns aus gesehen, zeigen der Nordamerika- und der ξ Perseinebel die entgegengesetzte Bewegungsrichtung, als die zwei südlichen Nebel. Es ist bemerkenswert, daß der ξ Perseinebel von dem „Zielpunkte" weggerichtet ist, während die drei andern ihm zustreben."

Dunkle Materie unter den Nebelflecken. Im Januar 1907 hat Prof. Barnard mehrere vielstündige Aufnahmen der Gegend in der Nähe der Plejaden gemacht, die für die Frage nach dem Vorhandensein eines dunkeln Weltdunstes unter den Sternen, von großer Wichtigkeit sind. An und für sich ist die Annahme von unsichtbaren Nebelflecken durchaus nicht grundlos, obgleich wir nicht wissen, welches die physischen Verhältnisse eines Nebelfleckes sind, der kein Licht mehr ausstrahlt und sich nur dadurch bemerkbar macht,

daß er das Licht der hinter ihm stehenden Sterne für unsern Anblick aufhält. Prof. Barnard teilt einige seiner neuesten photographischen Aufnahmen, die ihn zur Annahme einer dunkeln Nebelmaterie führten, mit, und knüpft daran die nötigen Erläuterungen.[1]) Eine dieser Photographien ist auf Tafel II reproduziert. Sie wurde am 9. Januar 1907 mit einer 10-zolligen Linse und $5^1/_2$-stündiger Exponierung erhalten. Das Zentrum der Platte bezeichnet den Punkt des Himmels von R. A. $= 4^h\ 40^m$, D $= +28°$ (für 1900). Der hellste Teil des Nebels rechts von der Mitte steht in R. A. $= 4^h\ 13^m$, D $= +28°\ 2'$. Der augenfällige Stern unter der Mitte ist φ Tauri 5.1 Größe. Man erkennt deutlich den Verlauf der dunkeln Materie zwischen den zahllosen Sternen der Milchstraße und seine Ausbreitung nach NW hin. Dort zeigt sich auf dem dunkeln Grunde ein isolierter Nebelfleck, der sich wahrscheinlich noch weiter ausdehnt, aber in diesem ausgedehnten Teile lichtlos oder erloschen ist und das Licht der kleinen Sterne hinter ihm verdeckt. Wenn der in Wirklichkeit dunkle Streifen hell wäre, so würde er sich uns als ein großer Nebelfleck darstellen von ähnlichen Formen, wie manche andere zeigen. Es kann wohl nach der Aufnahme von Prof. Barnard jetzt keinem Zweifel mehr unterliegen, daß im Weltenraume ausgedehnte Nebelmaterien sich befinden, die nicht leuchten, sondern nur durch Verdunklung des Himmelsraumes hinter ihnen sichtbar werden.

Über die Milchstraße verbreitete sich Prof. Wolf in der zweiten Sitzung der 79. Versammlung deutscher Naturforscher zu Dresden auf Grund eigener photographischer Aufnahmen. Prof. Berberich gibt einen Auszug daraus[2]), dem das Nachfolgende entnommen ist.

Die Milchstraße besteht aus einer Menge kleinerer oder größerer Flecke und Sternhaufen; unveränderlich, so wie sie schon vor 2000 Jahren von Ptolemäus beschrieben, lagern diese Massen anscheinend im fernen Raume. Schon die ersten Forscher auf dem Gebiete des Weltbaues hegten die Meinung, daß die Milchstraße viel weiter als die außerhalb sichtbaren Sterne von uns abstehe. Den Grund dieser Ansicht bildete die Annahme, daß nahe und ferne Sterne im Durchschnitte gleich groß seien, eine Annahme, von der ausgehend Wilhelm Herschel seine „Sterneichungen" ausführte. Mit Fernrohren verschiedener Größe und „Raum durchdringender" Kraft suchte er die Grenzen des Sternsystems an (1088) verschiedenen Stellen des Himmels zu ermitteln. Während nahe bei den Milchstraßenpolen die größern Teleskope die Sternzahl nicht höher setzten als die kleinern, diese also anscheinend schon die entferntesten Sterne der Polgegenden zeigten, reichte in der Milchstraßenzone der 40-

[1]) Astrophys. Journal 1907 April. **25.** Nr. 3. p. 218.
[2]) Naturw. Rundsch. 1907. **22.** Nr. 42.

zöllige Spiegel kaum an die äußersten Sterne hinan. So gelangte Herschel zu dem in jedem populären astronomischen Buche zu findenden Bilde der linsenförmigen Gestalt der Milchstraße mit zwei den getrennten Armen entsprechenden Hervorragungen. Die zahlreichen über den Himmel verstreuten unauflösbaren Nebelflecke hielt er für ähnliche Sternsysteme wie die Milchstraße und erklärte ihre Kleinheit und ihre Lichtschwäche aus ihren gewaltigen Entfernungen weit jenseits unserer „engern" Sternenwelt. Im Laufe fernerer Forschungen änderte Herschel indessen seine Anschauung, hielt später die Milchstraße für einen großen Sternenring, der uns in großem Abstande umschließt, und rechnete auch die kleinen Nebelflecke wenigstens in ihrer Mehrheit diesem Ringsysteme zu. Er hatte sich überzeugt, daß man seine Vorstellung vom Baue des Sternsystems nicht allein auf die Anzahl oder Dichte der Sterne gründen dürfe, sondern daß man auch die Helligkeiten berücksichtigen müsse. Von spätern Forschern erwähnte Prof. Wolf besonders die Struveschen Untersuchungen, wonach die Sterne des Universums eine dünne flache Schicht bilden, die sich in der Richtung der Milchstraße unbestimmbar weit hinaus erstreckt, und die Dichtigkeit der Sterne mit zunehmendem Abstande von der Milchstraßenebene sich vermindert wie der Druck in den höhern Schichten der Erdatmosphäre. Eine merkliche Absorption des Sternlichtes im Raume erzeugt dabei eine Schranke für die Erforschung der entferntern Sternenwelt. Sodann verwies Wolf auf die von Easton behandelte Tatsache, daß in den einzelnen Sternwolken der Milchstraße Sterne verschiedenster Größe durcheinander gemengt stehen. Als besonders bedeutungsvoll wurden Seeligers Untersuchungen über das „Durchschnittsbild der Anordnung der Sterne" hervorgehoben. Dieser hat gezeigt, daß weit weniger schwache Sterne vorhanden sind, als bei gleichmäßiger Verteilung der Sterne im Raume und bei durchschnittlich gleicher Leuchtkraft derselben zu erwarten wären, daß aber die schwachen Sterne gegen die Mittellinie der Milchstraße sich viel stärker zusammendrängen, also relativ viel zahlreicher sind als die hellern Sterne. Danach wäre das typische Bild der Sternenwelt das eines gewaltigen Rotationskörpers. „In unserer Nähe stehen die Sonnen dichter gedrängt nach oben und unten hin, nach der Milchstraße hinaus weniger dicht. Weiter fort von uns ist es umgekehrt, der Sternreichtum wird immer größer, je näher man der Ebene der Milchstraße kommt. Es ist also draußen eine ringförmige Verdichtung vorhanden. Das Sternsystem muß aber nach außen zu begrenzt sein, denn alle Zahlen führen darauf, daß in endlicher Entfernung von uns die Sterndichtigkeit auf Null herabgeht. Diese Grenze schätzt Prof. Seeliger auf 500 bis 1100 Siriusweiten oder 4400 bis 9700, im Mittel 7000 Lichtjahre." Für eine äußere Begrenzung unserer Sternenwelt sprechen auch die neuern photographischen Aufnahmen, indem weder Verstärkung der opti-

schen Hilfsmittel, noch Verlängerung der Belichtung die Anzahl der schwachen Sterne wesentlich zu erhöhen vermögen. Gegenüber diesen aus statistischen Betrachtungen gezogenen Folgerungen können, wie Wolf erwähnte, die wenigen bis jetzt gelungenen direkten Messungen von Sternentfernungen keinen Aufschluß über den typischen Bau der Sternenwelt geben. Indessen haben die Untersuchungen der direkt und spektrographisch bestimmten Sternbewegungen Gesetzmäßigkeiten enthüllt, die auf eine Zusammengehörigkeit aller Sterne samt der Milchstraße als einzigem organischen Ganzen hinweisen. Die Bewegung unserer Sonne scheint auf einen Punkt der Milchstraße gerichtet, und mit ihr ziehen viele andere benachbarte Sterne durch den Raum. Ebenso gibt es noch andere Gruppen von parallel laufenden Sternen, deren Bewegung in der Milchstraßenebene vor sich geht.

Das so gewonnene allgemeine Bild des Sternsystems wurde in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten auf seine Einzelheiten und deren Grundursachen geprüft. Namentlich führte Prof. Wolf die Eastonsche Theorie der Spiralstruktur der Milchstraße an. An einer Reihe von Projektionsbildern, die den bei uns sichtbaren Teil der Milchstraße zur Darstellung brachten, zeigte er die mannigfachen Eigentümlichkeiten derselben: verwickelte spiralig gewundene Kanäle zwischen feinen Dunstmassen, sternarme Streifen und Höhlungen, stark verdichtete Sternwolken, Auflösungen der Milchstraße in einzelne Flocken, die in den wunderlichsten Formen wie Wolken durcheinander geweht sind, feiner Dunst, der sich zwischen die Sternmassen drängt oder diese umschließt, große Gegensätze in der Gesamthelligkeit verschiedener Regionen, eine außerordentliche Kompliziertheit und — auf den ersten Blick wenigstens — ohne Spur von Gesetzmäßigkeit außer der allgemeinen Regel, daß die Sterne längs des Milchstraßengürtels dichter gedrängt stehen als weiter seitwärts. Wolf gibt zu, daß die Theorie Eastons zwar diesem scheinbar gesetzlosen Bilde sich anpassen lasse, weil man in der Annahme der Zahl und Lage der Spiralarme nicht gebunden sei, aber diese Willkür schließe auch eine direkte Begründung der Theorie aus, und die Berufung auf die große Häufigkeit oder fast Ausschließlichkeit der Spiralform der Nebelflecke nütze wenig. Daß dies keine fremden „Milchstraßen" sein können, gehe aus der Erwägung über die wahrscheinliche Entfernung solcher Systeme hervor, die so groß sein dürfte, daß kein Licht mehr von dort wahrgenommen werden könnte, selbst nicht mit den besten Instrumenten. Auch seien so viele Einzelheiten im Baue dieser Gebilde zu erkennen, zum Teile recht „grobzügige" Formen, wie man sie bei einem unendlich fernen Systeme kaum mehr unterscheiden könnte. Photographische Aufnahmen von Nebelflecken zeigen vielfach nur zwei diametral einander gegenüberstehende Ausläufer, sie sind also recht einfach geformt und daher wohl verhältnismäßig nahe.

Die gleiche Folgerung zieht Wolf aus der scheinbaren Verteilung dieser Nebel. „Man kann allgemein aussprechen, daß am Himmel dort, wo viele Sterne stehen, wenige solcher Nebelfleckchen zu finden sind, und umgekehrt." In der Milchstraße selbst fehlen sie fast ganz, mit wachsendem Abstande von dieser wächst auch ihre Zahl, und am Nordpole der Milchstraße treten sie so dicht zusammen, daß die ganze Gegend damit erfüllt erscheint. Dagegen gehören die Sternhaufen und die ein reines Gasspektrum zeigenden „Gasnebel" in die leuchtenden Ströme der Milchstraße organisch hinein. „So bildet der Sternhaufen im Schilde ein Zentrum, um das sich die Sternzüge der Milchstraße spiralig gruppieren." Ein mit dem großen Heidelberger Reflektor erlangtes Bild läßt erkennen, daß die Gruppe sich vorwiegend aus den hellern Sternen zehnter bis elfter Größe jener Gegend zusammensetzt, und daß die Sterne 14. bis 18. Größe keine Beziehung zu der Gruppe zeigen, vielmehr als ferne, gleichmäßige Sternschicht den Hintergrund bilden, worauf sich der Sternstrom mit der genannten Gruppe projiziert, ähnlich wie sich Easton überhaupt den Verlauf der Einzelwindungen denkt.

Den Zentralkern des Systems vermutet Easton im Sternbilde des Schwans. Prof. Wolf zeigte ein Bild dieser Gegend, das zwar auf eine größere Nähe der hier befindlichen hellern Sterne im Vergleiche zu andern Milchstraßengegenden schließen läßt, aber nichts von einer zentralen, uns benachbarten Verdichtung andeutet. Ein Gebiet mit spiraligem Baue im Großen, sagte er, sei im Schilde und im Schützen vorhanden, hier könnte ebensogut der Spiralkern zu suchen sein, allein dieser Ort passe nicht zu Eastons Bild. Wolf glaubt daher, daß die geometrische Form des Milchstraßensystems noch nicht mit Sicherheit anzugeben sei, daß indessen verschiedene neuere Ergebnisse der Photographie die Hoffnung auf künftige Erkenntnis der wahren Natur des Phänomens eröffneten. Er meinte hiermit die Beziehung zwischen lokalen Strukturen in der Milchstraße zu benachbarten Nebeln und dunkeln Flächen und Höhlen.

Schon der Siriustypus der Milchstraßensterne und die Häufigkeit der „Gasnebel" in dieser Zone sprechen für den Reichtum dieser Sternströme an Gasmassen. Fast überall in und besonders an den Rändern des Stromes trifft man auf ausgedehnte diffuse Nebel, die vielleicht auch aus Gasen bestehen und eine charakteristische Eigentümlichkeit der Milchstraße darstellen. Prof. Wolf führte eine ganze Reihe von Beispielen im Bilde vor. Man sieht die Nebel sich eng an die Grenzen einzelner Sternwolken anschmiegen, und Sternzählungen bestätigen, daß die Nebelgrenzen zugleich Dichtegrenzen der Sternanhäufungen darstellen. Noch auffälliger erscheinen auf manchen Bildern die Lücken und Höhlen in dem Sternenheere. In einigen solchen oft ganz scharf begrenzten Höhlungen ist noch ein Netz sehr schwacher (entfernterer?) Sterne zu sehen, andere werden von einzelnen Ketten hellerer (näherer?) Sterne

durchquert. Mit Absorption des Lichtes der Sterne durch vorgelagerte dunkle Stoffmassen, deren Formen durch die Gestalt der Lücken und Risse in der Milchstraße gegeben seien, könne man diese Sternarmut einzelner Stellen nicht immer erklären. Die Höhlenbildung scheine oft in physischer Beziehung zu den stellenweise sichtbaren Nebelmassen über riesige Himmelsräume fortgeschritten zu sein. So zeige sich um den großen Nebel im Monoceros und einseitig von ihm die starke Verminderung der Zahl schwacher Sterne. Der große Nebel im Schützen (M. 8) liegt am Rande der feinen Dunstmassen der Milchstraße. Um ihn und neben ihm treten allerlei Risse in die Milchstraße ein, als ob der Nebel den Ort bezeichne, wo das Eindringen der Risse oder das Zurückziehen der Sternfülle erfolgt. Ähnlich dringt vom ξ-Perseusnebel ein langer Riß in die Milchstraße und löscht hinter dem Nebel die Sternfülle aus. Die Umrisse des Amerikanebels im Schwane spiegeln sich genau ab in Rissen und Sternwolken an seiner Grenze. Im Nebel selbst stehen zahllose Sterne, rings herum herrscht Armut. Oft sieht man auch Nebelbrücken von Stern zu Stern ziehen, ob als physische Verbindung oder bloß scheinbar, ist nicht zu unterscheiden. Die genannten und andere Beispiele lassen aber kaum daran zweifeln, daß die Höhlen und die Nebelmassen physisch miteinander verbunden seien und räumlich beisammen liegen müssen. Etwaige Absorption findet dann in relativer Nähe bei den Sternwolken der Milchstraße selbst und nicht weit davor durch dunkle Massen in der Nachbarschaft der Sonne statt.

„Besonders zwei Beispiele schienen dafür zu sprechen, daß man es bei der Höhlenbildung mit einer Absorptionserscheinung zu tun habe. Das erste ist der Nebel H IV 74 Cephei im erweiterten Ende einer langgestreckten Sternhöhle. Es sieht auf dem Bilde aus, als ob die Höhlenbildung durch dunkle Massen verursacht sein könnte, die die Fortsetzung des Nebels bilden. Man sieht, wie der Nebel aus dem Dunkel allmählich gegen die Mitte hin auftaucht und die ganze Höhle zu erfüllen scheint mit unsichtbarer Randpartie. Aber auch hier lassen sich verschiedene Verknüpfungen mit Sternen der Gegend nachweisen. Die Hauptaufgabe der Sternphotographie wird offenbar künftig darin bestehen, solche Verknüpfungen mit Evidenz nachzuweisen."

Noch lehrreicher für den Bewegungsvorgang der Höhlenbildung ist ein Nebel im Schwane, am Ende eines langen, sternarmen Kanals. „Es ist durchaus keine Konzentration gegen die Mitte des Nebels zu erkennen, und die Sterne an den Kanalrändern zeigen kein Zusammendrängen, so daß das Bild zu der Anschauung lockt, daß um und hinter dem Nebel zurückgebliebene Materie den Kanal erfüllt hat und uns das Licht der Sterne verhüllt. Betrachten wir den Kanal genauer, so finden wir viele Stellen, wo das feine, gleichmäßige Netzwerk der fernsten Sterne ungestört sichtbar ge-

blieben ist, während nur die Sterne mittlerer Helligkeit davor verschwunden sind. Das spricht wieder gegen die Absorption. Außerdem erscheint der enge Riß, an dessen Ende der Nebel angelangt ist, nur als Anhängsel an ungeheure Sternleeren. Wir würden zu der Annahme gezwungen, daß vor großen Teilen der Milchstraße solche dunkle Wolken lagern."

Solche Risse und Kanäle finden sich nicht bloß in der Milchstraße, sondern lassen sich auch weithin über den gewöhnlichen Himmelsgrund verfolgen mit scharf begrenztem Verlaufe. Man müßte dann folgerichtig annehmen, daß überall am Himmel dunkle Stoffe in Massen vorhanden wären, uns die fernen Sternregionen bis auf den schmalen Spalt verdeckend, den wir als Milchstraße erblicken. Diese wäre also nur „der sichtbare Rest verschwundener Pracht."

Eine andere, aber auch nur hypothetische Erklärung liegt in der Annahme, daß die Höhlen eine durch eine unbekannte Ursache bedingte Zerklüftung des Sternheeres darstellen. „Bei diesem Zerstörungs- oder Trennungsvorgange fände an den frisch betroffenen Stellen ein Aufleuchten sonst unsichtbarer kosmischer Massen statt. Dadurch, daß die „Nebel" am Ende oder an der Grenze der Risse auftreten, wird uns der Ort gezeigt, wo der Vorgang weiter schreitet. Auch so kommen wir wieder zu der Anschauung, daß die Milchstraße ein Rest ist, und zwar der Rest einer früher viel ausgedehnter leuchtenden Welt."

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Über die Konstitution des Erdinnern hat R. D. Oldham Untersuchungen angestellt.[1]) Er stützt sich dabei auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen bei 14 großen Beben. Von diesen werden die Laufzeitkurven der 1. und 2. Phase (die 3. oder Hauptphase pflanzt sich wahrscheinlich längs der Oberfläche fort, hat also für das Erdinnere keine Bedeutung) dargestellt. Es ergab sich, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit längs der Sehnen bis etwa 120° Distanz stetig wächst, von da aber bis zu den Antipoden abnimmt, weiter, daß dieses Verhältnis kaum anders erklärt werden kann als durch die Annahme, daß die Elastizitätskonstante nicht stetig bis zum Erdzentrum wächst, sondern in der Nähe des Zentrums, vielleicht bis 0.4 oder 0.5 des Radius, sich ein Kern befindet, der entweder die Schwingungen gar nicht durchläßt oder aber viel langsamer als die darauf liegenden Schichten fortpflanzt und gleichzeitig ablenkt. Diese letzte Erklärung hält Oldham für wahrscheinlicher.

Die Deformation des Erdkörpers unter dem Einflusse von Sonne und Mond. Auf Veranlassung des Direktors des Königl. Geodätischen Instituts, Prof. Dr. Helmert, hat O. Hecker in der für solche Arbeiten vorgesehenen Brunnenanlage des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam am Horizontalpendel Beobachtungen über die Deformation des Erdkörpers infolge der Einwirkung von Sonne und Mond angestellt. Die Aufzeichnungen selbst und deren Diskussion hat Hecker jetzt veröffentlicht,[2]) ebenso alle erforderlichen Angaben über das angewendete Instrument.

Über die Einwirkung der Sonne auf die Pendel bemerkt er: „Die Größe der Ablenkung, welche das Lot unter der Einwirkung

[1]) Quart. Journ. Geol. Soc. **62**. p. 456.

[2]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. Nr. 32. Berlin 1907.

von Sonne und Mond erfährt, ist besonders seit Einführung des Horizontalpendels der Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Während die Bestimmung des Gravitationseinflusses des Mondes trotz seines geringen Betrages relativ leicht möglich ist, da sich die durch andere Einflüsse hervorgerufenen und ihn überdeckenden Fehler im Mittel aus einem längern Zeitraume aufheben, ist eine sichere Bestimmung des rund halb so großen Einflusses der Sonne bei Aufstellung des Instrumentes in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche, überhaupt kaum möglich. Hier tritt eine Fehlerquelle systematischer Natur hinzu, nämlich die Wirkung der Sonnenstrahlung auf den Erdboden, durch deren Einwirkung das Pendel eine periodische Schwankung ausführt, die mehr als den 50fachen Betrag der Gravitationswirkung der Sonne erreichen kann. Auch bei ausgedehnten, sorgfältig ausgeführten Beobachtungsreihen haben sich daher Werte für die Gravitationswirkung der Sonne, die sich bekanntlich als halbtägige Periode darstellt, ergeben, die nicht reell sind.

Wesentlich sicherere Resultate erhält man, wenn man den Apparat in größerer Tiefe aufstellen kann, wo nicht nur die tägliche Wanderung des Pendels sehr abgeschwächt wird, sondern auch noch der Vorteil der Temperaturkonstanz hinzukommt. Unter solchen Verhältnissen muß sich natürlich die Gravitationswirkung sowohl der Sonne als auch des Mondes viel schärfer ausgeprägt zeigen. Diese Gründe waren für die Aufstellung des Horizontalpendelapparates in der Brunnenkammer bestimmend.

Es mag noch als ein weiterer Vorteil der Aufstellung erwähnt werden, daß der Boden, auf dem die Observatorien liegen, reiner Sand ist, der sich bis in größere Tiefe erstreckt. Lokale Schwankungen, die für beide Komponenten verschieden sind, z. B. die ungleichmäßigen Bewegungen der umgebenden Gebirgsmassen, wie sie Schweydar bei seinen Beobachtungen auf der Sternwarte in Heidelberg feststellen konnte, sind hier nicht vorhanden, bis auf den Einfluß, den das allmähliche Nachsinken des Brunnenrohres erzeugt, das, wenn es auch sehr störend ist, immerhin doch annähernd der Zeit proportional erfolgt."

Über das Instrument und dessen Aufstellung ist auf die Abhandlung selbst zu verweisen. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum von Dezember 1902 bis zum Mai 1905. Behufs Ableitung der Bewegungen der Pendel unter dem Einflusse der Sonne wurden die Beobachtungen nach Monaten zusammengefaßt. Es zeigte sich sogleich, daß die Amplitude der Sonnenwelle in den Wintermonaten sehr gering ist, aber in den Sommermonaten erheblich zunimmt. Im Jahresmittel beträgt die ganze Amplitude bei Pendel I rund 0.03, bei Pendel II 0.04 Bogensekunden. Die genauere Untersuchung zeigt, daß man im allgemeinen die unter dem Einflusse der Sonne erfolgende Bewegung von Pendel I als eine Schwankung

betrachten kann, die aus einer täglichen Periode besteht, der eine halbtägige Periode mit wesentlich kleinerer Amplitude superponiert ist. Von der letztgenannten Welle kann man annehmen, daß sie durch die Anziehung der Sonne entstanden ist, denn sie stimmt im Mittel aus sämtlichen Monaten gut zu der durch den Mond verursachten Bewegung.

Während die Messung des Gravitationseinflusses der Sonne mittels der Horizontalpendelbeobachtungen durch die Unregelmäßigkeiten der täglichen Periode erschwert wird, ist die Einwirkung des Mondes auf die Pendel mit weit größerer Genauigkeit zu bestimmen. Infolge der raschen Änderung der Stellung von Mond und Sonne zueinander, hebt sich ein großer Teil der unregelmäßigen Bewegungen, wie sie die Sonne hervorruft, heraus, wenn man die Beobachtungen nach Mondstunden zusammenfaßt.

Am bequemsten ist für eine solche Untersuchung des Mondeinflusses die Methode, welche bei der Bearbeitung der Gezeitenbeobachtungen des Meeres üblich ist, und Hecker hat sich dieser deshalb bedient.

Die Beobachtungen lassen sich behufs genauerer Behandlung bequem in 30 Abschnitte verteilen. Bereits in jedem einzelnen dieser Abschnitte zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Stellung des Mondes und der der Pendel. Die Pendel führen eine Bewegung aus, deren Periode, wie bei der Ebbe und Flut des Meeres, ein halber Tag ist.

Hecker untersuchte nun weiter, wie sich die beobachtete, unter dem Einflusse des Mondes erfolgende Schwankung des Lotes zu der Schwankung verhält, die es erleiden würde, wenn die Erde absolut starr wäre.

Für die Berechnung der Anziehung des Lotes durch den Mond für eine starre Erde wurde eine Formel zugrunde gelegt, die Schweydar abgeleitet hat.

Die hiernach berechneten Bewegungen beider Pendel hat Hecker graphisch dargestellt, und auf Tafel III ist diese Darstellung vereinfacht reproduziert. Das Lot würde also unter dem Einflusse der Mondanziehung diese Bahn beschreiben, wenn die Erde völlig unnachgiebig wäre. Die wirklich durch die Beobachtungen ermittelte Mondwelle ist in der Tafel gleichfalls gezeichnet, man sieht unmittelbar, daß sie wesentlich kleiner ist als die für eine absolut starre Erde berechnete. Wenn der Erdkörper im Mittel vollständig elastisch wäre, so müßte bei der Deformation, die er durch Mond und Sonne erleidet, die Scholle der Änderung der Niveaufläche folgen. Die Horizontalpendel würden also keine Bewegung anzeigen. Dieses gilt nur für die Oberfläche eines homogenen Erdkörpers mit vollkommener Elastizität, nicht etwa für die Oberfläche des Meeres. Denn die Meeresoberfläche würde nur dann sich der Änderung der Niveaufläche vollständig anschmiegen können, wenn Sonne, Mond

und Erde die gleiche Stellung zueinander beibehielten, und die Erde sich nicht um ihre Achse drehen würde. Unter den gegebenen Verhältnissen kann somit ein Zusammenfallen der Meeresoberfläche mit der gestörten Niveaufläche nicht eintreten.

Die Beobachtungen an den Horizontalpendeln ergeben nun, daß die Ablenkung des Lotes unter dem Einflusse des Mondes geringer ist, als sie bei einem vollkommen starren Erdkörper sein würde; sie ist etwa $^2/_3$ derselben. Es zeigt sich also, daß der feste Erdkörper zwar etwas nachgibt, aber doch der Deformation einen sehr großen Widerstand entgegensetzt. Er verhält sich etwa wie eine gleich große Kugel aus Stahl.

Trotz der Größe und Unregelmäßigkeit der täglichen Periode der Sonnenwelle ergeben die Beobachtungen auch die durch den Einfluß der Sonne verursachten Gezeiten des festen Erdkörpers in unzweideutiger Weise.

„Wie sich aus vorbereitenden Rechnungen ergibt," fährt Hecker fort, „ist auch die tägliche Ungleichheit der Mondwelle, deren Größe durch die geographische Breite des Beobachtungsortes und durch die Deklination des Mondes gegeben ist, durch das vorliegende Beobachtungsmaterial nachweisbar. Ein Eingehen auf diese Frage soll aber bis nach Abschluß der neuen Beobachtungsreihe verschoben werden.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob die beobachtete Mondwelle nur auf die Einwirkung des Mondes auf die Pendel zurückzuführen ist, oder ob nicht auch noch andere Ursachen das Pendel beeinflussen.

Solche Störungen können z. B. bewirkt werden durch Änderungen in der Massenverteilung der Erde, wie auch durch den Transport von Massen an der Erdoberfläche.

Treten Störungen dieser Art, die eine Änderung der Niveauflächen zur Folge haben, unregelmäßig ein, wie etwa die Wanderung der barometrischen Maxima, so werden sie sich im Mittel aus vielen Beobachtungen aufheben, periodische Störungen dagegen heben sich nur unter bestimmten Voraussetzungen auf.

Es kommt hier besonders die ebenfalls durch den Mond verursachte Ebbe und Flut des Meeres in Betracht.

Für Potsdam ist die Nordsee das nächste Meer, das eine beträchtliche Ebbe und Flut zeigt. Falls nun alle zwölf Stunden ein regelmäßiges Füllen und Leeren des Nordseebeckens einträte, so würde sich die Differenz der Attraktion der Wassermasse bei Ebbe und bei Flut auf die Pendel leicht berechnen lassen.

Man kann die Nordsee als ein angenähert kreisrundes Becken von etwa 350 *km* Radius betrachten.

Nach den von Helmert entwickelten Formeln für die Lotstörung an der Küste eines zylindrischen Kontinentes kann man nun bestimmen, wie groß die Lotstörung an der Küste der Nord-

see ist, wenn sich der Wasserstand um einen bestimmten Betrag erhöht. Es ergibt sich für ein Steigen des Wassers um 1 *m* eine Anziehung des Lotes von 0.04″. Für die landeinwärts gelegenen Punkte nimmt die Störung ab. In dem gegen 800 *km* von dem Mittelpunkte der Nordsee entfernten Potsdam beträgt sie nur noch 0.0006 Bogensekunde.

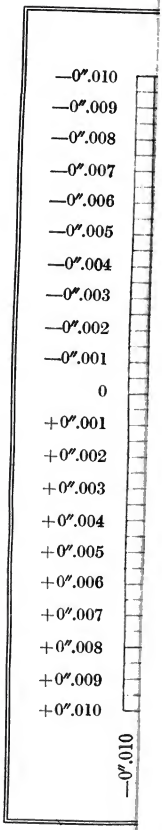
Aber auch dieser Einfluß ist noch nicht anzunehmen.

Betrachtet man nämlich die Gezeitenkarte der Nordsee, so ergibt sich das folgende sehr verwickelte Bild des Verlaufes der Gezeiten. Zunächst braucht die durch den Kanal eintretende Flutwelle etwa sechs Stunden, um von seinem Eingange bis nach Dover zu kommen. Nach sechs Stunden erreicht sie dann etwa die Breite von Amsterdam, nach wiederum sechs Stunden die Insel Borkum, schließlich nach sechs Stunden den nördlichen Teil Dänemarks.

Zur selben Zeit etwa, wo die Flutwelle Dover erreicht, läuft eine zweite Flutwelle von den Shetlandinseln an in die Nordsee ein, der englischen Küste entlang. Diese hat nach sechs Stunden fast die Breite von Hull und wiederum nach sechs Stunden die Breite von Yarmouth erreicht.

In dem Momente, wo im Eingange des Kanals Hochwasser ist, ist bei Dover und auf der Linie von den Shetlandinseln nach dem südlichen Norwegen Ebbe, an der holländischen Küste in der Breite von Amsterdam und an der englischen Küste bei Hull Flut, bei Borkum und an der englischen Küste bei Yarmouth Ebbe und schließlich an der Nordküste von Dänemark Flut. Das sind allerdings nur Messungen an den Küsten. Wie sich die Verhältnisse in der freien Nordsee selbst darstellen, ist noch nicht genügend bekannt, jedenfalls tritt aber kein gleichmäßig alle zwölf Stunden vor sich gehendes Füllen und Leeren des Nordseebeckens ein. Man wird also ohne großen Fehler die Beeinflussung des Pendels durch die Gravitationswirkung infolge der Anstauung der Wassermasse der Nordsee bei der Flut und des Ablaufens derselben bei Ebbe, und ebenfalls die Biegung der Erdkruste durch die eintretende Belastung und Entlastung als gering veranschlagen können.

Ob die Ebbe und Flut im Atlantischen Ozeane etwa einen Einfluß ausübt, ist zwar vorläufig noch nicht mit Sicherheit festzustellen; jedenfalls läßt sich aber nach der von Harris gegebenen Gezeitenkarte des Atlantischen Ozeans, auf die hier verwiesen werden muß, erwarten, daß, wenn ein Einfluß vorhanden ist, er nur gering sein kann. Rechnerisch würde sich der Einfluß ermitteln lassen, wenn man entweder ein sicheres Bild des Verlaufes der Flut im Atlantischen Ozeane fern von der Küste hätte — in diesem Falle würde man die anziehende Wirkung der Wassermassen in einfacher Weise berechnen können —, oder dadurch, daß man Horizontalpendelbeobachtungen in großer Ferne von der Küste z. B. im Innern Rußlands anstellen würde.“



Ed. Hch. Mayer,
Leipzig.

Die wichtigsten Ergebnisse seiner Untersuchung faßt Hecker wie folgt zusammen:

„Die Deformationen, welche der Erdkörper unter dem Einflusse von Sonne und Mond erleidet, sind von zweierlei Art; es sind nämlich zu unterscheiden die Deformationen, welche nur die obern Teile der Erdkruste erfahren, und die, welche der ganze Erdkörper erleidet.

Die zuerst genannte Art von Deformation äußert sich in scheinbaren Schwankungen des Lotes; die Richtung der Schwere bleibt dieselbe, und nur die Lage der Scholle gegen sie ändert sich. Die bemerkenswerteste Störung dieser Art ist die tägliche Periode der Bewegung der Pendel infolge der Sonnenstrahlung. Ihre Wirkung ist nur sehr oberflächlich, da sie bei Sandboden schon in 25 *m* Tiefe auf etwa $^1/_7$ des Betrages, den sie an der Erdoberfläche hat, herabsinkt.

Die zweite Art von Deformation aber, die der ganze Erdkörper erleidet, kennzeichnet sich durch wahre Bewegungen des Lotes, die eine Folge der Attraktionswirkung von Sonne und Mond sind. Bei der Annahme einer absolut starren Erde würden diese Bewegungen ihr Maximum erreichen.

Wenn dagegen der Erdkörper der Attraktionswirkung mit der Freiheit einer vollkommenen Flüssigkeit nachzugeben vermöchte, so würden diese Bewegungen verschwinden, da sich dann die Oberfläche so anordnet, daß die wahre Richtung der Schwere stets senkrecht auf ihr steht.

Die Beobachtungen ergeben nun, daß der Erdkörper unter der anziehenden Wirkung sowohl des Mondes als auch der Sonne etwas nachgibt, aber doch der Deformation einen sehr großen Widerstand entgegensetzt.

Die Bewegungen des Lotes haben etwa $^2/_3$ des Betrages, den sie bei einer absolut starren Erde haben würden.

Nach Lord Kelvins Untersuchungen kann man hieraus schließen, daß der Erdkörper sich ungefähr verhält, wie eine gleich große Kugel aus Stahl."

Eine Untersuchung über den Starrheitskoeffizienten der Erde hat W. Schweydar veröffentlicht.[1]) Die erste genauere Abschätzung des Wertes der Starrheitskoeffizienten der Erde rührt von Thomson her. In der „Natural Philosophy" Part II zeigt er aus je 33 Beobachtungen der vierzehntägigen und monatlichen Mondflut, daß die Höhe dieser Ungleichheit des Meeresniveaus 0,7 ihres theoretischen Wertes beträgt, und schließt daraus, daß die Starrheit der Erde gleich oder größer ist, als diejenige des Stahles. Bei dieser Schlußfolgerung ist auf die Verteilung der Dichte im Erdkörper keine Rücksicht genommen. Die Zahl der hierbei benutzten Gezeiten-

[1]) Beiträge zur Geophysik. Von Gerland 1907. **9**. p. 41. ff.

beobachtungen reicht jedoch nicht aus, um einen sichern Aufschluß über den Grad der Starrheit der Erde zu erhalten, da meteorologische Vorgänge nicht ohne Einfluß auf die langperiodischen Glieder der Gezeiten sein werden. Ein anderer Weg, zur Kenntnis des Starrheitsgrades der Erde zu gelangen, bot sich, als Chandler aus den Beobachtungen der Breitenvariationen nachwies, daß die Periode der Bewegung der Rotationsachse im Erdkörper 427 Tage beträgt, während die Theorie für die vollkommen starre Erde die sogenannte Eulersche Periode von 305 Tagen fordert. S. Newcomb machte zuerst darauf aufmerksam, daß bei Nachgiebigkeit der Erde die Eulersche Periode sich vergrößert, und S. S. Hough hat auf Grund einer eingehenden Theorie der Rotation eines elastischen homogenen Sphäroids gezeigt, daß die Eulersche Periode sich auf den von Chandler gefundenen Betrag verlängert, wenn die Erde die Elastizität des Stahles ($7{,}65 \times 10^{11}$ c g s) besitzt. M. P. Rudzki hat die Aufgabe von der Breitenvariation bei einem elastischen, von Wasser bedeckten, inkompressibeln Sphäroid bearbeitet. Er setzt ebenfalls, indem er auf die Ergebnisse der Thomsonschen Theorie der elastischen Deformationen der Erde zurückgreift, die Erde als homogen voraus. Mit Rücksicht auf die Deformation des Ozeanes findet er für den Starrheitskoeffizienten einen größern Wert, nämlich $17{,}1 \times 10^{11}$ (c g s). Vernachlässigt er den Einfluß des Ozeanes, so erhält er für jenen Koeffizienten $12{,}5 \times 10^{11}$.

G. Herglotz zeigte in einer 1905 erschienenen Arbeit, daß die Dichtezunahme gegen das Erdinnere die Festigkeit bedeutend erhöht, und die durch die fluterzeugende Kraft entfernter Himmelskörper hervorgerufenen Deformationen bei der Nachgiebigkeit des Stahles und bei Berücksichtigung des Rocheschen oder Wiechertschen Dichtegesetzes nur 0,8 derjenigen betragen, die für die homogene Erde sich ergeben. Bei Annahme der Wiechertschen Hypothese über die Verteilung der Dichte findet er aus der Chandlerschen Periode für den Starrheitskoeffizienten $n = 11{,}68 \times 10^{11}$ (c g s), während die Rechnung mit der Homogeneität $n = 9{,}19 \times 10^{11}$ liefert. Die Bestimmung der Elastizität der Erde aus der Chandlerschen Periode besitzt jedoch den Übelstand, daß die Periode aus dem relativ geringen Beobachtungsmateriale sich nicht sicher bestimmen läßt. Während Chandler für dieselbe den Wert von 427 Tagen berechnet, findet Kimura mit Rücksicht auf das gesamte vorhandene Material, daß sie in den Jahren 1890 bis 1893 438 Tage betrug, von da an sich immer mehr verkürzte und zwischen 1900 und 1905 den Betrag von 434 Tagen erreichte. Wieweit diese Variation ein Rechnungsergebnis darstellt, läßt sich aus den vorläufigen Mitteilungen Kimuras nicht erkennen.

Das Ziel der Abhandlung Schweydars ist die Bestimmung des Starrheitskoeffizienten aus der Größe der Ablenkung eines Horizontalpendels unter dem Einflusse der Attraktion des Mondes und aus dem

Vergleiche der beobachteten Höhen der vierzehntägigen und monatlichen Mondflut mit ihrem theoretischen Werte unter Zugrundelegung eines weit größern Beobachtungsmaterials, als dies von Thomson geschehen ist.

„Die fluterzeugende Kraft des Mondes verändert periodisch die Richtung der Schwerkraft an einem Orte und deformiert zugleich die Gestalt des Erdkörpers. Die Erdoberfläche hat unter dem Einflusse der störenden Kraft das Bestreben, sich senkrecht zu der neuen Schwererichtung einzustellen; wäre die Erde vollkommen nachgiebig, so würde relativ zur Oberfläche keine Änderung der Lotrichtung eintreten, und somit das Horizontalpendel keine Ablenkung erfahren. Wenn demnach die Erde der deformierenden Kraft nur unvollkommen nachgibt, so muß die beobachtete Ablenkung des Pendels kleiner sein, als die aus der Größe der Mondanziehung auf das Lot berechnete. Somit gibt das Verhältnis der beobachteten Ablenkung des Horizontalpendels zur Größe der Anziehung auf das Lot ein wertvolles Maß für die Nachgiebigkeit der Erde. Wenn erst eine große Zahl von Beobachtungsreihen dieser Art vorliegt, darf man bei dieser Methode auf genauere Resultate rechnen, als auf den bisher eingeschlagenen Wegen; schon die verhältnismäßig geringe Zahl der in dieser Abhandlung diskutierten Beobachtungen gibt ein befriedigendes Ergebnis. Es wäre sehr wünschenswert, wenn an zahlreichen Orten der Nord- und Südhalbkugel ungedämpfte Horizontalpendel mit großer Schwingungsdauer zur Beobachtung der Ablenkung des Lotes unter der Wirkung der Mondanziehung aufgestellt würden. Notwendige Bedingung der Auswahl der Stationen ist größere Entfernung von der Meeresküste, da hier die sogenannten sekundären Störungen durch Ebbe und Flut das Ergebnis der Beobachtungen fälschen können. Von großem Vorteile ist es, wenn das Pendel in größerer Tiefe unter der Erdoberfläche aufgestellt wird, wie es in Potsdam im Geodätischen Institut geschehen ist, da hier die störenden periodischen Bodenneigungen, die ihren Ursprung in der wechselnden Sonnenstrahlung haben, viel kleiner sind als unmittelbar an der Erdoberfläche. Ein derartiger systematisch angelegter Beobachtungsplan würde sich um so leichter ausführen lassen, als es heute sehr viele Stationen gibt, die mit Horizontalpendeln ausgestattet sind.

Die theoretische Grundlage der Ableitung des Starrheitskoeffizienten aus den Horizontalpendel- und Flutbeobachtungen ist im ersten Teile der Arbeit enthalten. Den Ausgang bilden die exakten Differentialgleichungen der Elastizität; die Erde ist als inhomogen und inkompressibel angenommen, und der Untersuchung das Wiechertsche Dichtegesetz zugrunde gelegt. Diese Grundlage war bereits dargestellt, als die oben angeführte Abhandlung von Herglotz erschien.

Im zweiten Teile wird die Formel für die Ablenkung eines in beliebigem Azimut aufgestellten Horizontalpendels, welche die

Anziehung des Mondes und die Deformation der Erdoberfläche verursacht, aufgestellt und aus den sechs brauchbaren Beobachtungsreihen für den Koeffizienten der Starrheit der Wert $n = 6.3 \times 10^{11}$ (c g s) abgeleitet. Der dritte Teil gibt den Ausdruck für den durch die Gezeiten der festen Erde bedingten Verkleinerungsfaktor der Fluten bei Berücksichtigung der variabeln Dichte und berechnet aus 194 Beobachtungen der vierzehntägigen Mondflut für n den Wert 6.1×10^{11} (c g s) und aus ebensovielen Beobachtungen der monatlichen Mondflut $n = 5.5 \times 10^{11}$ (c g s). Mit Rücksicht auf die Gewichte ergibt sich im Mittel $n = 6.09 \times 10^{11}$. Der zweite und dritte Teil setzt die Starrheitskoeffizienten für Kern und Mantel der Erde als gleich voraus. Der vierte Teil läßt diese Annahme fallen und zieht aus der Chandlerschen Periode und den Ergebnissen der vorangehenden Untersuchungen einen Schluß auf den Grad der Starrheit des Erdinnern. Es ergibt sich das wenig wahrscheinliche Resultat, daß man der Erdkruste die Starrheit $n = 0.9 \times 10^{11}$ und dem Erdkern $n = 20.2 \times 10^{11}$ (c g s) zu erteilen hat. Der zu kleine Koeffizient der Starrheit der Erdrinde deutet darauf hin, daß, wie auch von Wiechert angenommen wird, zwischen Kern und Kruste sich eine plastische Schicht befindet, auf der die Erdrinde gewissermaßen schwimmt.

Die Deformationen dieser Schicht, welche der Mond hervorruft, heben und senken die Erdrinde und vergrößern den Einfluß, welchen die Deformationen der Erdoberfläche auf die Höhe der Fluten und die Ablenkung des Horizontalpendels ausüben. Man wird daher, wenn man die Schicht nicht berücksichtigt, aus den Flut- und Horizontalpendelbeobachtungen einen zu kleinen Starrheitskoeffizienten erhalten. Die Annahme dieser plastischen Schicht gewinnt umso mehr an Wahrscheinlichkeit, als Wiechert aus andern Gründen zu demselben Schlusse gelangt. Schweydars Resultat läßt ferner vermuten, daß die Dicke der plastischen Schicht im Vergleiche zur Dicke der Erdrinde größer ist, als von Wiechert angenommen wird. Genauern Aufschluß über diese Fragen wird man erst erhalten, wenn die Perioden der komplizierten Breitenvariationen rechnerisch genauer bestimmt sind, und mehr Material an Pendelbeobachtungen vorliegt. Vorläufig müssen wir uns mit dem Hauptresultate der vorliegenden Abhandlung begnügen, daß die effektive Starrheit der Erde, wie sie sich in den Ablenkungen des Horizontalpendels und der Höhe der Ozeanfluten äußert, 6.09×10^{11} beträgt, also bedeutend geringer ist, als die Chandlersche Periode der Polbewegung ergibt (11.68×10^{11}).

Die absolute Größe der Schwerkraft zu Potsdam. An dem Geodätischen Institute zu Potsdam haben F. Kühnen und Pf. Furtwängler mit Reversionspendeln eine überaus genaue, mustergültige Bestimmung der absoluten Größe der Schwerkraft ausgeführt.[1])

[1]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. Nr. 27.

Die Beobachtungen wurden mit fünf Pendeln in den Jahren 1898 bis 1904 ausgeführt, und zwar im Pendelsaale des Instituts, der nur sehr geringen Temperaturschwankungen unterliegt. Die Beobachtungen sowohl als die Reduktionen sind mit größtmöglicher Genauigkeit durchgeführt, und darf das Endresultat wohl als eine der am schärfsten bestimmten physikalischen Größen betrachtet werden. Es ergab sich als Länge des einfachen Sekundenpendels für Potsdam: 994.239 *mm* $\pm$ 0.003 *mm*, und die Konstante g der Schwerkraft für denselben Punkt beträgt hiernach: $g = 981.274 \pm 0.003$. Zum Vergleiche geben die Beobachter folgende anderweitigen Bestimmungen dieser Konstante, reduziert auf Potsdam:

Ort	Beobachter	g
Madrid . .	Barraquer. . .	981.270$\pm$0.005
Paris . . .	Defforges . . .	981.282$\pm$0.010
Königsberg, Güldenstein, Berlin . . .	Bessel . . . ., Schumacher . ., Peters	981.254$\pm$0.006
Rom . . .	Piscati u. Pucci	981.274$\pm$0.008
Wien . . .	v. Oppolzer . .	981.273$\pm$0.005
Padua . . .	Lorenzoni . . .	981.263$\pm$?

Das Mittel hieraus ist $g = 981.270 \pm 0.006$, sehr gut übereinstimmend mit dem neubestimmten Werte.

Schwerkraftsbestimmungen auf dem Ozeane. Prof. Dr. O. Hecker hat[1]) die Reduktion seiner Schwerkraftsbestimmungen, die er auf dem Indischen und Stillen Ozeane anstellte, nahezu zu Ende geführt. Die doppelte Ausmessung der registrierten Barometerhöhen am Mikrometermikroskop wurde für die ganze Reise beendet. Über die Ergebnisse der beiden Reisen über den großen Ozean konnte er bereits auf der Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung in Budapest berichten.

Sowohl die Beobachtungen auf den Reisen Sydney—San Francisco, als auch die auf der Fahrt von San Francisco nach Yokohama haben ergeben, daß im allgemeinen die Schwerkraft über den Tiefen des Stillen Ozeanes nahezu normal ist und der Helmertschen Schwereformel von 1901 entspricht.

Außer der bereits durch Pendelbeobachtungen ermittelten großen positiven Schwerestörung auf Oahu, die auch in einiger Entfernung von der Insel durch die Schwerkraftsbestimmung an Bord nachgewiesen wurde, konnte noch eine besonders große negative Störung über eine der größten Tiefen des Weltmeeres, der Tongarinne, festgestellt werden; eine positive Störung zeigte dagegen das sich anschließende Tongaplateau.

Mit dem Studium des Einflusses, den die ungleichmäßigen, durch die Wellenbewegung des Meeres verursachten Hebungen und

[1]) Veröffentl. d. K. Preuß. Geodätischen Instituts N. F. Nr. 33. Jahresbericht des Direktors 1907.

Senkungen des Schiffes auf die Bestimmung der Schwerkraft an Bord haben, wurde begonnen. Es wurden für diesen Zweck bereits mehrere Tausend Wellen ausgemessen. Für den Indischen Ozean bleibt diese Arbeit noch zu erledigen. Es hat sich ergeben, daß die erwähnte Fehlerquelle durchaus berücksichtigt werden muß.

Eine Vervollkommnung der Schwerkraftsbestimmung an Bord wird durch die Anwendung eines elektrisch angetriebenen Kreisels angestrebt, der die Bewegung des Barometerapparates dämpfen soll.

Versuche in dieser Richtung, wie auch in betreff der Verbesserung der Siedeeinrichtung sind im Gange.

Die sogenannten Massendefekte unter Gebirgen und Hochländern, welche durch die Schwerebestimmungen mittels Pendelbeobachtungen nachgewiesen worden sind, haben behufs ihrer Erklärung zu der Annahme großer Hohlräume in der Tiefe oder ausgedehnter Massen von geringem spezifischen Gewichte geführt. Eine neue Deutung gibt jetzt K. Gugler[1]), die allerdings schon früher auch von dem Geologen Heim angeführt worden ist. Die Erklärung Guglers ist folgende: Durch die Pendelbeobachtungen ist bekannt, daß in größern Tiefen unter der Erdoberfläche teilweise leichtere, teilweise aber auch schwerere Massen vorhanden sind. Die Gesteinshülle der Erde vom durchschnittlichen spezifischen Gewichte 2.5 kann nur bis zu einer gewissen Tiefe reichen, darunter folgen Schichten aus Massen von höherm spezifischen Gewichte. Wenn man nun annimmt, daß unter den Gebirgen die leichtere Gesteinsschicht in entsprechend größere Tiefe hinabreiche, als an Orten, wo keine Gebirge sind, so sind die Massendefekte unter den Gebirgen einfach und natürlich erklärt. Der Erde im ganzen kommt das spezifische Gewicht von 5.6 zu; man muß daher im Innern den Massen das höhere spezifische Gewicht der Metalle zuschreiben. Unter der Annahme, daß der Erdkern das spezifische Gewicht des Eisens besitzt, hat man für die Gesteinshülle eine Dicke von 800 *km* berechnet. Gugler hält jedoch dieser Rechnung die wahrscheinlichere Annahme entgegen, daß die Gesteinshülle nicht in solche Tiefe reiche, daß vielmehr in einer bestimmten Tiefe allmählich stets schwerere Massen (basische erzreiche Eruptivgesteine, Magneteisenstein vom spez. Gew. 4.8, Roteisenstein, spez. Gew. 5.2) folgen und erst auf diese der metallische Erdkern. Nimmt man nun an, daß die Gesteinshülle (spez. Gew. 2.5) nur eine Mächtigkeit von 40, 50 oder 60 *km* habe, so berechnet sich die Erdschicht (spez. Gew. 5) zu 1958 bis 1886 *km* und der Halbmesser des Erdkernes zu 4372 bis 4424 *km*; und aus dieser Annahme folgt, daß unter Gebirgen die Gesteinsschicht genau um ebenso viel tiefer herabreichen muß, als die Höhe des Gebirges über dem Meere beträgt. Verfasser zeigt,

[1]) Vierteljahrsschrift d. naturforsch. Ges. in Zürich 1906. **51.** p. 229.

daß unter diesen Annahmen in der Tiefe von 70 *km* unter der Meeresoberfläche die Massen von der Oberfläche bis dahin gleiches Gewicht haben, sowohl unter Gebirgen von 3000 *m* Höhe (Dicke der Gesteinsschicht 46 000 *m*, Erzschicht 27 000 *m*) und bei Gebirgen von 8000 *m* Höhe (Gesteinsschicht 56 000 *m*, Erzschicht 22 000 *m*), als in Meeren von 3500 *m* Tiefe (Gesteinsschicht 34 400 *m*, Erzschicht 32 100 *m*) und von 8000 *m* Tiefe (Gesteinsschicht 27 000 *m*, Erzschicht 34 800 *m*).

Die Entstehung der Gebirge durch seitliche Pressung beim Schrumpfen der sich abkühlenden Erde erleichtert die Vorstellung, daß die leichtern gesteinbildenden Massen beim horizontalen Schube ebenso nach unten wie nach oben ausgewichen sind und nun als Massendefekte unter den Gebirgen in die Erscheinung treten.[1])

Die Ergebnisse der geodätischen und geophysikalischen Beobachtungen in Nordamerika faßt Prof. Pattenhausen in dem Abs. VI der 79. Versammlung deutschen Naturforscher zu Dresden 1907 in folgende Sätze zusammen:

1. Für die Vereinigten Staaten und die angrenzenden Gebiete ist die Annahme der vollkommenen Starrheit der Erdkruste als weit von der Wahrheit liegend anzusehen; im Gegenteile stellt die Annahme, daß die Erdoberfläche in jener Gegend sich im Zustande der Isostasie (d. i. der eigentümliche Zustand einer durch die Verteilung des Materials und der Dichtigkeit hervorgebrachten Gleichgewichtes) befindet, eine vergleichsweise große Annäherung an die Wahrheit dar. 2. Für das bezeichnete Gebiet hat sich als wahrscheinlichster Wert der Kompensationstiefe, wenn die Dichtigkeit der kompensierenden Massen als bis zu dieser Tiefe gleichmäßig vorausgesetzt wird, der Betrag von 114 *km* ergeben; es ist als sicher anzunehmen, daß die Tiefe nicht kleiner als 80 *km* und nicht größer als 160 *km* ist. 3. Für das beobachtete Gebiet ist der durchschnittliche Fehler der unter der Annahme vollkommener isostatischer Kompensation berechneten Lotabweichung weniger als ein Zehntel des Betrages, den man unter der Annahme vollständiger Starrheit der Erdoberfläche erhält. 4. Die gegenwärtig nutzbaren Beobachtungen der Lotablenkung lassen keinen sichern Schluß auf die Verteilung der isostatisch kompensierenden Massen mit der Tiefe zu, und 5. aus den beobachteten Lotablenkungen ergeben sich für das Erdellipsoid 6 378 283 *m* für den Äquatorialhalbmesser, 6356868 *m* für den Polarhalbmesser und für die Abplattung 1/297.8. Diese Werte stimmen gut mit den aus andern neuen Messungen hervorgegangenen Resultaten überein. Als mittlere Dichte der ganzen Erde wurde 5.576, als diejenige der die Erhebung bildenden Masse 2.67 und als diejenige des die Meeresbecken füllenden Seewassers 1.03 angenommen.

---

[1]) Naturw. Rundsch. 1907. Nr. 32.

Oberflächengestaltung.

Die Geest Ostfrieslands. Mit dem Namen Geest bezeichnet man auf der vorspringenden ostfriesischen Halbinsel zischen der Jade und dem Dollart den unfruchtbaren, diluvialen Boden im Gegensatze zu dem fruchtbaren Marschlande. Die Hauptmasse liegt nördlich und nordöstlich von Leda und Ems, ein kleines Stück, davon getrennt, südlich; das Ganze mit Einschluß der Moore bedeckt etwa 2000 *qkm*. Geographische Beschreibungen der ostfriesischen Geest liegen in genügender Ausführlichkeit vor, allein sie reichen zum wissenschaftlichen Verständnisse dieses Gebietes nicht aus, sondern solches kann nur auf Grund eingehender geologischer Studien gewonnen werden. Eine ins einzelne gehende Darlegung des gesamten vorhandenen Materials ist erst unlängst von Dr. R. Bielefeld gegeben worden.[1])

Diese höchst verdienstvolle Arbeit erstreckt sich aber weiter auch auf die Entwicklungsgeschichte des ostfriesischen Diluviums, die Entstehung des Stromsystems der Ems und der Seen im Gebiete der Geest. Sie schildert dann die Physiographie der letztern, die klimatischen Verhältnisse, die Pflanzen- und Tierwelt und schließt mit einem Blicke auf die Bevölkerung.

An dieser Stelle interessiert uns lediglich die geophysikalische Seite der Bielefeldschen Untersuchungen.

Im Gegensatze zur ostfriesischen Marsch, die mit ihrer fast baumlosen Ebenheit und großen Fruchtbarkeit ein oro- und physiographisch einheitliches Bild gewährt, bietet die Geest einen anmutigen Wechsel in dem Aussehen ihrer Oberfläche dar. „Südlich vom glazialen Stromtale der Leda-Unterems finden wir sowohl im Reiderlande als auch in Overledingen flache meridionale Höhenzüge, welche allesamt einen weiten Umblick auf die flache Umgebung mit ihren Weilern und Dörfern gewähren und zugleich willkommene Stätten menschlicher Siedlungen repräsentieren, die hier von Busch und Hain manchmal malerisch umrahmt erscheinen. Das völlig ebene glaziale Stromtal bildet dazu einen auffallenden Gegensatz; hier ruht das Auge auf einer fast unabsehbaren Grasebene, die nur hier und da durch Einzelgehöfte und unbedeutende Siedlungen unterbrochen wird. Im Röhricht hören wir den Rohrsperling sein geschwätzig Liedchen trillern, und in den Lüften zeigen sich Kiebitz, Bekassine und Pfuhlschnepfe als die charakteristischen Bewohner der Wiesen- und Sumpflandschaft. Nur dort, wo die „hohe Geest“ mit diluvialen Vorgebirgen nahe an das alte Stromtal herantritt, wie bei Leer und Detern, hat der Mensch Raum zu größern

[1]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. **16.** 4. Heft. Die Geest Ostfrieslands, geologische und geographische Studien zur ostfriesischen Landeskunde und zur Entwicklungsgeschichte des Emsstromsystems von Dr. R. Bielefeld. Stuttgart, J. Engelhorn, 1906.

Siedlungen gefunden, die aber dem Flußtale selbst nicht mehr angehören."

Unter der Ackerkrume findet man an den meisten Stellen der ostfriesischen Geest zunächst gelben Sand, 0.5 bis 2 *m* mächtig, der als Absatz aus dem Wasser anzusehen ist, darunter an manchen Stellen deutlich geschichteten Lehm und unter diesem schichtungslosen, regelmäßig mit Geschieben durchsetzten Geschiebelehm, der nichts anderes ist als die Grundmoräne des nordeuropäischen Inlandeises und nach oben und unten scharf begrenzt auftritt. Unter ihm, örtlich wechselnd, Tonmergel, sandiger Glimmerton, fein- und grobkörniger Kies, ein vielgestaltiges Glied des Diluviums, das bis zu 50 *m* hinab verfolgt werden konnte, aber nirgends von Spuren einer zweiten Grundmoräne unterbrochen ist. Die Grundmoräne entwickelte sich beim Vorrücken des aus Norden kommenden Inlandeises, während beim Rückzuge desselben auf dieser das im Eiskörper noch vorhandene Material an Sand und Geschieben abgesetzt wurde und als Hangendes der Grundmoräne ein neues Glied des Diluviums, die Innenmoräne oder das Inglazial entstand. Darüber breitete das abschmelzende Eis endlich in verhältnismäßig ruhiger Ablegung den gelben Sand, der in meist nur 1 *m* mächtiger Schicht angetroffen wird. Da die Grundmoräne in ganz Ostfriesland in nur einer einzigen Decke entwickelt ist, so schließt Dr. Bielefeld mit Recht, daß Ostfriesland auch nur ein einziges Mal von dem nordeuropäischen Inlandeise überschritten worden ist. Was die Gesteine anbelangt, deren vom Eise verschleppte Brocken das Material zum Aufbaue der diluvialen Schicht lieferten, so kommt Bielefeld zu folgendem Ergebnisse:

„Das Sammelgebiet von jenem Teile des Westflügels des nordeuropäischen Inlandeises, der das ostfriesische Diluvium aufbaute, lag über dem zentralen schwedischen Hochgebirge der Provinz Dalarne und seiner nächsten Umgebung. Von hier flossen die Eismassen zunächst südostwärts in die Südhälfte des bottnischen Meerbusens, wo sie sich sehr bald südwärts wandten und über den Alandarchipel und die Insel Gotland hinwegströmten. Auf der Breite von Gotland aber nahm der Eisstrom eine südwestliche Richtung an, in der er bis über Ostfriesland hinaus verharrte. Er überschritt die Insel Ösel, das südschwedische Festland (Blekingen und Schonen) und das westbaltische Kreidegebiet und gelangte über Schleswig-Holstein und den südöstlichsten Teil der jetzigen Nordsee in unsere Gegenden."

Die untere Ems war damals nicht vorhanden, und die Leda floß im Vereine mit der Hunte, eine alte Schmelzwasserrinne von dem Eise (und späteres glaziales Stromtal) benutzend, als selbständiges Flußsystem nordwestwärts in die Nordsee.

Die Ursache der Bildung des heutigen Emssystems findet Dr. Bielefeld lediglich in äolischen Einwirkungen. Er zeigt, daß der Ost-

und Nordostwind in oft staunenerregender Weise beim Aufbaue und Abbruche der Dünen wirksam sind. „Die Beobachtungen lehren die so oft unterschätzte Bedeutung des Windes als bedingenden Faktor in der Umgestaltung der Erdoberfläche erst vollauf würdigen. Der über die weiten Landräume unseres Kontinents wehende trockene Ost bedingt einen solch geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, daß der Sand in seinen obersten Schichten sehr bald völlig ausgedörrt und alsdann aufgewirbelt wird. Es liegt auf der Hand, daß durch die Austrocknung des Sandes dessen Transportfähigkeit für Winde in einem außerordentlichen Maße erhöht wird. Jede Windrichtung wirkt auf die Bewegung des Flugsandes ein, der Ost und Nordost jedoch in einem nach Maßgabe ihrer größern Austrocknungsfähigkeit entsprechend höhern Grade. Namentlich sie sind es gewesen, die die Wüstenbildungen im Kreise Lingen und Bentheim verschuldet haben. Die Ost- und Nordostwinde waren es auch, die, aus den Gebieten östlich von der Ems und vom rechten Emsufer den Flugsand westwärts werfend, den ganzen langen Flugsandwall von Emsbüren und Leschede an bis hin zur ostfriesischen Grenze links von der Ems aufhäuften, durch diese gewaltigen Dünenbildungen das etwa 80 *km* lange Bourtanger Moor an der Abwässerung nach der Ems hin verhinderten und damit in die Entwicklung dieses Moores, das im Westen durch den Hondsrüg abgeschrankt wird und im Süden durch die Stromverlegung auch noch die Grenzwasserlinie der alten Hase einbüßte, wesentlich fördernd eingriffen. Die durch Ost und Nordost fortgewehten Flugsandmassen konnten um so leichter die alten Verbindungsarme zwischen Oberems und Vecht und Hase und Vecht verstopfen, als dann auch der Wasserstand gerade ein besonders niedriger war infolge der Einwirkung dieser Winde auf die Flutverhältnisse der Nordsee und der Flachlandflüsse. Durch die von Osten und Nordosten herbeigeführten Flugsandmassen wurde der Bourtanger Moor von der Ems abgeschrankt und damit in seiner Entwicklung wesentlich gefördert. Ost und Nordost halfen dadurch, daß sie die alten Verbindungsarme zwischen Oberems und Vecht und Hase und Vecht durch hergewehten Flugsand nach und nach verstopften, die Stromverlegungen und damit die Entwicklung des jetzigen Emssystems allmählich vollendeten."

Die Grundlinien des ganzen Ems- und Vechtsystems aber waren durch die glazialen Stromtäler im Westen der Weserlinie vorgezeichnet. „Das jetzige Emsstromsystem ist fast allein in seinen Nebenflüssen (der großen Aa mit den beiden andern Aaen, der Hase und der Leda mit der Jümme) eine Folgeerscheinung glazialer Wasserläufe. Nur der alleroberste Teil des Emslaufes — von dem an der Bielefelder Pforte gelegenen Ursprunge der Lutter, die in Wahrheit das oberste Stromstück der Ems repräsentiert, bis Telgte — und der allerunterste — von der Ledamündung bei Leer bis zur Nordsee — benutzen glaziale Stromtäler. Zwischen dem Faltungs-

zuge des nordwestlichen Teutoburger Waldes von Lengerich-Ibbenbüren und der Kreidetafel von Horstmar-Burgsteinfurt sammelten sich in postglazialer Zeit die Wasser, durch Werse, obere Ems und Münstersche Aa gespeist und von der Werse nordwärts gestoßen, und entwickelten allmählich die noch jetzt sehr gewundene Stromlinie der Ems von Telgte bis Elbergen-Hanekenfähr. Naturgemäß ist dieses Stromstück der Ems von Telgte bis Elbergen weit älter als die untere von Elbergen bis zur Ledamündung reichende Stromstrecke, weil es doch bereits dem Urvechtsysteme angehört und daher schon dem frühen Postglaziale seine Entstehung verdankt, während das offenbar allerjüngste Stromstück der Emslinie, von Elbergen bis zur Ledamündung, erst dem Spätpostglaziale entstammt.

Das schon lange vor der Eiszeit als Hauptentwässerungsader des Paderborner Kreidebeckens ausgebildete Stromsystem der Lippe mußte der Ems ein Stromstück liefern, das infolge seines präglazialen Alters keinem andern Teile des Emslaufes wesensgleich ist und daher als das urälteste und zugleich heterogenste Stück des ganzen buntscheckigen Emssystems gelten muß. Es ist der Sennebach und eine kleine Strecke des Emsoberlaufes, nämlich diejenige von der Mündung des Sennebaches (bei Westerwiehe) bis Mose. Die Ems erhielt dieses so fremdartige Element ebenfalls durch Stromverlegung, die sich in dem von Rietberg über Wiedenbrück und Rheda hinziehenden Anleimungsbogen als eine den andern durchaus gleichsinnige Stromverlegung charakterisiert, durch welche dieses dem Lippegebiet ureigene Stromstück an die Lutter — die historische Oberems — angeschweißt wurde."

Zwischen Jade und Dollart findet sich eine Anzahl kleiner Seen. Es sind, nach der Terminologie Wahnschaffes, echte Grundmoränenseen. „Alle zeichnen sich aus durch ihre große Seichtigkeit und ihre außerordentlich flachen Ufer; sie sind nur 1 bis 2 *m* tief. Im September und Oktober allerdings steigt ihr Wasserstand um $^1/_2$ bis 1 *m*, so daß dann ihre flache, tiefliegende Umgebung ein großes Überschwemmungsgebiet bildet. Die verbesserte Abwässerung sorgt in letzter Zeit stets für baldige Abführung der Wassermassen. Den Grund dieser Seen bildet allenthalben der hellgelbe Decksand, in dem an manchen Stellen Bildungen von Sumpferz (Raseneisenstein) nachzuweisen sind. Characeen, Potamogeton, Elodea canadensis, Zannichellia, Myriophyllum und Batrachium bevölkern gruppenweise die Seen, in denen Chara wälderbildend auftritt. Am Saume sind diese flachen Wasserbecken von einem stattlichen Walde von Phragmites communis, Scirpus maritimus und lacuster, Typha latifolia und hier und da angustifolia umkränzt."

In der östlichen Hälfte Ostfrieslands finden sich andere ebenfalls sehr seichte, flachufrige Seen. „Zur Sommerzeit sucht sie der Wanderer meist vergebens; sie sind dann ausgetrocknet und gleichen

flachen Wannen von 1 bis 2 *m* Tiefe mit scharfsandigem Grunde. Zur Herbstzeit aber füllen sie sich mit Wasser und sind dann der Tummelplatz zahlloser durchziehender Wasser- und Sumpfvögel. Einige von diesen Seebecken bilden keine Wasseransalmmungen mehr, wie z. B. das mit Nadelholz beforstete Ostermeer bei Bernutsfeld; dennoch erscheinen sie mit bewunderungswürdiger Zählebigkeit auf den Karten immer und immer wieder. Das größte dieser „Meere", wie der Volksmund sie nennt, ist das Brookzeteler Meer, das eine Fläche von über 300 *ha* umfaßt. Ihm reihen sich an das Flachsmeer, Sandmeer und Düvelsmeer bei Wiesens, das Schafmeer und Grasmeer bei Langefeld, das Ostermeer bei Bernutsfeld, die neun kleinen Seen von Negenmeerten, das Hopelser Meer und Mühlenberger Meer bei Hopels, das Wieseder Meer u. a. m. Das zuletzt genannte Wieseder Meer wurde schon in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts trocken gelegt und später besiedelt; der alte Seegrund bildet jetzt den Kulturboden einer aufstrebenden Kolonie."

Das Brookzeteler Meer hat Dr. Bielefeld, als es völlig trocken lag, genauer untersucht. „Die Dünenbildungen, die das ganze Seeufer umkränzen, zeigten ihm deutlich, daß der Decksand hier ein Spiel der Winde geworden war. Der trockene Ostwind ist es gewesen, der dieses sehr flache, kaum über 2 *m* tiefe Becken ausgeblasen hat. Am West- und Nordwestufer hatte man daher Eichen und Kiefern angepflanzt als Sandfänger, um so das Kulturland gegen die verderbliche Bedeckung mit Flugsand zu schützen. Seit dem Baue des Ems-Jadekanales (1882) hat die Wasserfläche des Sees, der sonst kontinuierlich Wasser führte, sehr an Umfange verloren, so daß er schon zeitweise ganz trocken wurde, was namentlich 1904 und 1905 eintraf. Er bildet das sehr flache Sammelbecken seiner nächsten Umgebung, da die undurchlässige Grundmoräne das Wasser nicht in die Tiefe sickern läßt. Bei hohem Wasserstande führt er sein Wasser der Harle zu, die man künstlich durch einen Abzugsgraben, der im September 1905 zum Teile mit Flugsand erfüllt war, mit dem See verbunden hat. Ihre Quelle liegt aber im nordwärts vorgelagerten Moore."

Auch an andern Seen konnte Bielefeld nachweisen, „daß sie auf ganz dieselbe Weise entstanden. Damit ist die Tatsache festgelegt, daß die im Späthvitåglazial an der Ostflanke der hohen Geest liegenden Seen allesamt jugendliche Becken äolischer Ausräumung sind."

Die Veränderungen der Ostseeküste im Kreise Hadersleben bildet den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. G. Wegemann.[1]) Während die Nordseeküste seit alters starken Veränderungen unterworfen ist, findet dieses in überaus viel geringerm Grade an der Ost-

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 193.

seeküste statt. „Daß sie, als bloße Flächenveränderung betrachtet, im Vergleiche zu denen der Nordsee verschwindend sind, hat einerseits seinen Grund in der Höhe des Ostseeufers (10 bis 15 *m* und mehr), während die Nordseemarschen sich wenig über den Meeresspiegel erheben, anderseits in dem Fehlen der Gezeiten und Gezeitenströmungen, sowie in der geringern Häufigkeit und Stärke der Sturmfluten an der Ostseeküste. Die wissenschaftliche wie Tagesliteratur hat sich schon häufig mit obiger Frage beschäftigt, jedoch meist in dem Sinne, daß diese Veränderungen nur ein Verlust an Land seien, daß das Meer langsam landeinwärts vorrücke, eine Meinung, die selbst der Anwohner meist besitzt. Er sieht die nackten, steilen Uferböschungen, die Schutthalden und Schlammströme an ihrem Fuße, die abgestürzten Stücke der Pflanzendecke, Bäume, Sträucher, Staketteile, die noch kurz vorher am obern Rande des Abhanges standen. Er beobachtet oft jedes Jahr, wie die äußerste Ackerfurche, die bei der Saat noch reichlich $^1/_2$ *m* vom Rande entfernt war, zur Zeit der Ernte hart an ihn herangerückt ist. Oft bringt ein unvorsichtiger Tritt die gelösten Erdklumpen ins Rutschen. An dem Breiterwerden des Strandes hat er dagegen wenig Interesse, wo der Strand meist fiskalisch ist. Zudem ist bei dem fortwährend wechselnden Wasserstande kaum eine sichere Kontrolle möglich." Der Zweck der oben genannten Untersuchungen war deshalb die Feststellung des Verhältnisses zwischen Verlust und Gewinn.

Das zum Zwecke der Untersuchung vorhandene Material ist sehr ungleich an Wert, doch standen Dr. Wegemann für den Zeitraum von 1790 bis 1875 Karten und Akten der Katastermessungen zur Verfügung, wodurch es ihm möglich wurde, zum ersten Male auch den Landgewinn zu berechnen. Auf die Ursachen der Veränderungen an der Ostküste Schleswig-Holsteins geht er genauer ein.

Über die Veränderungen unserer deutschen Küsten, sowie deren Ursachen bestehen in weiten Kreisen noch sehr irrige Auffassungen: „An der Nordsee wäre danach der Landgewinn (Marschbildung) der gewöhnliche Zustand und der Landverlust nur durch Sturmflut bewirkt, demnach immer nur eine momentane, außergewöhnliche Erscheinung. Dies ist eine ebenso irrige Anschauung, wie sie von den Veränderungen der Ostseeküste verbreitet ist, falls man von solchen überhaupt Kunde hat. Der Besucher unserer deutschen Ostseeküste, ja der Bewohner sogar, wird meist zu derselben Ansicht gelangen, wo das abbrechende, hohe Ufer oft einen imposanten Anblick gewährt. Für die schleswigsche Küste des Kleinen Beltes trifft jedenfalls das Gegenteil zu, wie im folgenden gezeigt werden soll. Hier überwiegt der Landgewinn, der mit künstlichen Mitteln überdies noch erheblich gesteigert werden könnte, z. B. durch Austrocknung mehrerer vom Meere abgetrennter Buchten. Der Landverlust ist aber darum nicht viel geringer als an den übrigen deutschen Ostseeküsten. Die Ursachen der Zerstörung des hohen Ufers sind schon von mehrern Beobachtern meist unvollständig dargestellt worden.

„Da das Ufer," fährt Verfasser fort, „nicht überall, sondern nur an ganz bestimmten Stellen im Abbruche liegt, so sind die allgemeinsten Ursachen geographischer, geologischer Natur. Wo aber die Küste zerstört wird, da ist dies in erster Linie auf die Wirkung der Atmosphärilien und die Tätigkeit des

Meeres zurückzuführen. Von den übrigen Faktoren, die hier und da eine wichtige Rolle spielen können, wird die Arbeit von Mensch und Tier meist zu gering eingeschätzt.

Die allgemeinsten Ursachen des Landverlustes, die geographische Lage des Küstenstriches, sowie seine geologische Beschaffenheit werden in der Regel nicht genug, bzw. gar nicht beachtet. Je stärker die zerstörenden Ursachen, desto größer der Abbruch, der Landverlust. Aber wohl keine Küste verläuft so geradlinig, daß alle Teile gleichmäßig den Wirkungen des Meeres ausgesetzt sind. Ebenso wird selten der geologische Bau desselben Ufers (Material, Schichtung und Neigung des Abhanges) ganz gleichförmig sein. Daher werden auch immer nur einzelne exponierte oder ungünstig gebildete Küstenstriche in dauerndem Abbruche liegen. In solchen Fällen werden auch die gewöhnlichen Mittel, diesem Einhalt zu tun, meist umsonst sein. Aber auch unter diesen exponierten Küsten werden wieder die am wenigsten in Mitleidenschaft gezogen, die aus möglichst festem, homogenem Stoffe bestehen bei kleinstem Neigungswinkel gegen das Meer. Dagegen werden Küstenstriche unter günstigen, geographischen oder geologischen Verhältnissen selbst nach starker Beschädigung infolge einer Sturmflut oder eines Gewitterregens selten in dauernden Abbruch geraten, meist heilen die so geschlagenen Wunden mit der Zeit wieder von selber. Zu den ungünstigen geographischen und geologischen Verhältnissen eines Ufers gehören ein möglichst großes Wasserbecken für die Entwicklung hoher Wellen, Überwiegen der senkrecht auflaufenden Wellen, starke Strömungen und Brandung, lockeres, loses Erdreich (feiner Sand), Schichtung ungleich fester Bodenarten, Schichtenstörung, zu starkes Gefälle der Abhänge, sowie das Fehlen eines genügenden Vorstrandes. Meist genügt schon das Vorhandensein eines der genannten Momente, um ein Ufer fortgesetzter Zerstörung preiszugeben. Oft verändern sich im Laufe der Zeit diese geographisch-geologischen Bedingungen, indem z. B. eine Sturmflut vor einer Küste oder Bucht einen hohen Dünenwall aufhäuft und so den betreffenden Küstenstrich aus seiner exponierten Lage herausrückt, wofür die vorliegende Abhandlung mehrere Beispiele beibringen wird. Die Küsten des Kreises Hadersleben sind durch ihre Lage an dem binnenseeartigen Kleinen Belt, durch ihre ungewöhnlich starke Gliederung, durch vorgelagerte Inseln und Sandbänke, sowie durch ihre homogene Bildung aus festem Geschiebemergel im allgemeinen wohl begünstigt im Vergleiche zur übrigen deutschen Ostseeküste.

Ist das hohe Ufer (Klint) erst beschädigt, so sind es, wie oben schon angedeutet, zwei allgemein sich zeigende Faktoren der Zerstörung, Arbeit der Atmosphärilien und Tätigkeit des Meeres. Was erstere angeht, so sind wieder der oberflächlich abfließende Regen und Schmelzwasser an erster Stelle zu nennen. Wirksamer ist allerdings das einsickernde Wasser, welches die obere aus wasserdurchlässigem, sandigem Lehme bestehende Decke durchdringend, erst etwas tiefer am Hange hervorquillt, so daß seine untere Hälfte feucht erscheint.

Für die steilen Geschiebemergelklinte kommt sodann der Frost als eine wesentliche Ursache des Abbruches in Frage, besonders wo der Mergel stark zerklüftet oder steil aufgerichtet ist und eine Art Druckschichtung aufweist. Größere und kleinere Blöcke werden aus ihrem Verbande gelöst, und meist schon zu Beginn der Schneeschmelze rutschen sie den Abhang hinunter, um an seinem Fuße alsbald vom Meere zerkleinert und fortgespült zu werden. Die Geschiebemergelwände bekommen aber durch diese Abbröcklung meist ein groteskes, klippenartiges Äußere, so daß die höhern Klinte zum Teile Gebirgscharakter tragen können.

Aber auch indirekt schädigt der Frost die Küsten der Buchten, besonders die, die sich mit einer Eisdecke überziehen, indem durch Eisgang oft die weniger exponierten Abhänge in den Winkeln der Buchten wieder beschädigt werden, die im allgemeinen der zerstörenden Wirkung des Meeres entzogen sind. Auch andere Treibkörper können bei Sturmfluten durch wiederholtes Aufschlagen

die Abhänge zerstören, bzw. Abstürze veranlassen. An der buchtenreichen, nordschleswigschen Küste spielt dies Moment bei der Zerstörung des hohen Ufers stellenweise eine bedeutende Rolle.

An Dünenküsten wirkt auch die Kraft des Windes mit an der Zerstörung der Küste, indem dieser den vom Meere aufgehäuften Sand oft mehrere Kilometer landeinwärts verweht, die Düne als Ganzes aber langsam vom Meere ab wandern läßt, wodurch nicht selten fruchtbares Land verschüttet wird. An der Küste des Haderslebener Kreises sind derart hervorgerufene Landverluste an mehrern Stellen, besonders an der Küste der Gemeinde Örby, nachweisbar.

Die direkte Mitarbeit des Meeres an der Zerstörung des hohen Ufers selber ist in der Regel nur bei Sturmfluten bedeutend, wo die brandenden Wogen besonders an Steilabhängen gewaltigen Schaden durch Unterwaschung anrichten. In wenigen Stunden wird dann ein größerer Schaden angerichtet als durch die stille Arbeit der Atmosphärilien und Wellen in einem Jahrzehnte. Dabei spielt der geologische Aufbau der Küste eine wesentliche Rolle, indem Einlagerungen von Sand oder Kies in Schichten oder Nestern leicht fortgewaschen, werden und die entstandenen Höhlen die Lehmwand sehr gefährden. Nach jeder Sturmflut kann man längs der ganzen Küste oft sehr bedeutende Einstürze beobachten, besonders wo das hohe Ufer von einem Walde gekrönt wird. Auch die sanftgeböschten, mit Geröll, Schutt und Schlamm bedeckten Abhänge haben arg zu leiden, indem die rücklaufende Welle das abgebröckelte Material auseinanderwäscht und gänzlich wegspült, so daß schließlich die senkrechte Wand wiederhergestellt ist. So werden durch eine Sturmflut oft alle Verhältnisse umgekehrt, dadurch, daß die Steilufer durch Unterwaschung zum Einsturze gebracht werden und sanfte Böschungen erhalten, während an den Abhängen durch Fortschwemmen der Schutthalden wieder Steilufer entstehen.

Von andern zerstörenden Tätigkeiten des Meeres ist noch der Verlust von gutem Boden durch Überspülung von Sand und Geröllen zu erwähnen, wie er an niedrigen Ufern nicht selten vorkommt, besonders wo eine Düne gegen das gewöhnliche Hochwasser schützt. Hierbei geht zwar kein Landareal direkt verloren, dagegen ist der Effekt derselbe, wenn z. B. ein Acker zweiter Güte durch Bedeckung mit Sand und Geröllen in einen solchen vierter Güte verwandelt wird, als ob ein der Wertverminderung entsprechendes Stück abgeschwemmt ist. Auch hierfür bietet die nordschleswigsche Ostseeküste eine Reihe von Beispielen.

Mensch und Tier helfen in manchen Fällen an der Zerstörung mit. Ihre Mitwirkung wird in der Regel zu niedrig eingeschätzt. Doch ist diese Ursache nur an wenigen Punkten wirksam, so daß die hierdurch veranlaßte Zerstörung des Steilufers geringfügig ist gegen die infolge Raubbaues von Steinen, Sand, Kies, Lehm und Mergel hervorgerufenen. Die Entnahme der genannten Materialien an dem Strande ist zwar streng untersagt. Doch fehlt selbst den Küstenbewohnern meist die Vorstellung davon, daß sie durch Wegnahme von Materialien am Strande dem Meere und den Atmosphärilien bei der Zerstörung stark in die Hände arbeiten. Auf der Insel Aarö ist dadurch ein beträchtlicher Landverlust entstanden, daß ein Torfmoor bis unter den Wasserspiegel ausgegraben worden. Bei der großen Sturmflut 1872 ist es dann voll gelaufen. Auf diese Weise sind mehrere Hektar Land jetzt dem Meere angegliedert.

Hier und da ist auch die Tätigkeit der Tiere geeignet, der Zerstörung der Küste vorzuarbeiten, wie z. B. auf der Insel Linderum, die von Ratten so stark durchwühlt wird, daß deren Arbeit von Bedeutung wird. An den entlegenen Geschiebemergelwänden des Festlandes, sowie der Insel Aarö wirken außer Ratten auch Mäuse und Uferschwalben an der Lockerung des Bodens."

Die mährischen Karsttäler. Prof. R. Trampler veröffentlichte hierüber eine interessante Studie.[1]) Das mährische Karstgebiet ist

[1]) Mitt. d. K. K. geogr. Ges. in Wien 1907. p. 1 ff.

auf die Mittelstufe der Devonformation beschränkt und bedeckt die nur kleine Fläche von 100 *qkm*. Das ganze Devongebiet war und ist zum Teile noch heute von jurassischen Gebilden und von solchen der Kreideformation überlagert, beide aber sind von den meteorischen Gewässern derart abgetragen, daß sich nur mehr Reste davon vorfinden. Das gilt vornehmlich von der Kreide, deren Repräsentant, Cenoman (Unterer Quader), in drei sehr kleinen Partien auf dem Rudlitzer Plateau und südlich davon konstatiert ist. Von den jurassischen Gebilden nimmt das Obere Oxfordien die größte Fläche ein, während sich das untere Oxfordien auf Partien im äußersten Westen, hart an der Grenze des Syenitgebietes bei Olomutschan, beschränkt. Daß sich diese Gebilde überhaupt erhalten haben, erklärt sich daraus, daß sie zumeist in den Dolinen eingelagert sind, daher nicht denudiert werden konnten.

Aus dieser kurzen Skizze der geologischen Verhältnisse des mährischen Karstgebietes und bei der verhältnismäßig sehr geringen Ausdehnung desselben ergibt sich, daß die Täler, welche das Devongebiet durchsetzen, eine sehr kurze Längenerstreckung haben müssen, und daß alle Täler als normal gebildete aus dem Kulm in das Karstgebiet ein- und nach dem Verlassen desselben in den Syenit übertreten, mit Ausnahme eines, des sogenannten Hadeker Tales, welches wieder in die Kulmformation und nach kurzer Strecke in diluviale Ablagerungen übergeht.

Die mährischen Karsttäler sind im Vergleiche mit den südeuropäischen sehr klein, alle morphologischen Erscheinungen, aus denen sich das Karstphänomen zusammensetzt, treten in Mähren in verjüngtem Maßstabe auf, so daß es fast den Anschein hat, als ob der geringere Umfang des mährischen Karstgebietes die Entwicklung der einzelnen Karstformen beeinträchtigt hätte.

Eigentümlich ist allen mährischen Karsttälern, daß sich dort, wo sie aus der Kulmformation in das Devongebiet übertreten, größere Becken vorfinden, und der Mangel an Quertälern. Dieser ist umso auffallender, als zwischen den einzelnen Tälern verhältnismäßig ausgedehnte Hochebenen liegen, so zwischen dem „Öden" und „Dürren" Tale und zwischem diesem und dem Laschaneker eine solche von je 3 *km*, zwischen letzterm und dem Jedownitzer von fast 2 *km*, zwischen diesem und dem Kiriteiner eine solche von 5 *km* und schließlich zwischen diesen und dem Hadeker Tale eine solche von 5 *km*. In einem impermeabeln Gesteine dagegen finden sich auf solche Entfernungen Quertäler weitaus häufiger.

Die Hochebenen, welche die einzelnen Täler trennen, sind sehr reich an Dolinen. Diese sind aber, wie Prof. Trampler durch mehrfache Grabungen nachgewiesen hat, die oberflächlichen trichterförmigen Öffnungen von Schloten, die im ganzen Karstgebiete zu den unterirdischen Wasserläufen hinabführen. Die nicht unbeträchtlichen Niederschläge finden daher durch die Dolinen und

nicht oberflächlich ihren Abfluß; eine Erosion, d. i. eine Talbildung, ist infolgedessen einfach unmöglich. Quertäler können nicht entstehen.

Alle mährischen Karsttäler sind entweder permanent oder periodisch trockene Täler. Die meisten haben (das „Öde" und „Dürre" Tal ausgenommen) keinen schluchtartigen Charakter, sondern sind sehr breit ausgewaschen; endlich haben — von ganz kurzen Strecken abgesehen — alle ein gleichsinniges Gefälle. Dagegen sind die sogenannten Sacktäler, wie sie J. Cvijić für den südeuropäischen Karst charakterisiert, dem mährischen vollkommen fremd. Wohl treten die unterirdischen Gewässer auch hier am Fuße meist steiler Felswände mitten im Karstgebiete ans Tageslicht, aber diese gehören nicht einem obern Talschlusse, sondern entweder der linken oder rechten Böschung des Tales an, das sich im übrigen an der Stelle, wo das unterirdische Gewässer heraustritt, nicht im geringsten von dem allgemeinen Charakter des betreffenden Tales unterscheidet.

Die in historischer Zeit erfolgten Bergstürze in Bayern hat Dr. J. Reindl registriert.[1]) Einer der größten Bergstürze in Bayern war wohl jener, der durch sein Material den Obersee von dem jetzigen Königssee trennte. Diese Katastrophe soll im Jahre 1117 stattgefunden haben. Ob diese Zeitangabe urkundlich belegt werden kann, dürfte ziemlich zweifelhaft sein; dagegen möchte die Annahme, daß das Ereignis in der historischen Zeit eintrat, weniger Bedenken begegnen.

Ein sehr bedeutender Erdschlipf fand am 22. Februar 1625 zwischen Gasseldorf und Ebermannstadt statt.

Zahlreich sind die Berichte über Bergstürze im 19. Jahrhundert. Im Jahre 1809 ereignete sich ein größerer Bergrutsch am Haselberge bei Ebermannstadt, 1831 ein solcher am Krapfelberge unweit Krapfelberg. Bedeutender noch war der im Jahre 1851 bei Bannenburg stattgefundene Bergsturz. Der Bergsturz erfolgt hier ganz ebenso wie unter gleichen geologischen Verhältnissen jenseits des Inn bei Kirchwald, nur daß die minder steile Schichtenlage ihn dort in viel größerm Maße eintreten läßt. Den großen Abbruch, der 1851 stattfand, berechnet man auf erheblich über 1 000 000 *cbm*; derselbe hat durch Aufstauung des Kirchbaches, welche große murenartige Ausbrüche veranlaßte, nicht geringen Schaden an Feldern und Wiesen und in geringem Maße auch an Häusern der Brannenburger Gemarkung angerichtet; da er glücklicherweise nicht plötzlich, sondern innerhalb drei Tagen stückweise stattfand, so war es möglich, manches zu retten, und überhaupt wurde die Katastrophe in ihrer Wirkung dadurch abgeschwächt.

Im Jahre 1853 fanden zahlreiche Bergschlipfe im Raintale (Zugspitzgebiet) statt.

[1]) Potoniés Wochenschr. 1907. p. 377.

Am 3. Oktober 1872 weilte Prinz Luitpold mit seinen Jagdgästen im Oytal nahe dem Stuibenfalle. Da ging plötzlich von den Hängen des Himmelhornes ein Felssturz nieder und schleuderte seine furchtbaren Geschosse bis zur erschreckten Jagdgesellschaft, die nur knapp dem Verderben entrann.

Ganz besonders brüchig ist das Gestein an der Urbeleskarspitze in der Hornbachkette. Im Jahre 1881 brach der ganze Gipfel zusammen und stürzte in das Kar hinab. Der letzte Felssturz erfolgte hier im Jahre 1882, wobei zimmerhohe Blöcke herabgewälzt wurden, die ein schönes Wäldchen völlig vernichteten.

Ein großer Felssturz erfolgte ferner 1885 im Berchtesgadener Land.

1892 fand im Allgäu ein Bergsturz statt. Die Ursache des Schlipfes ist in einer mehrere Meter mächtigen, damals stark mit Wasser durchtränkten Mergelbank, aus graulichen und roten Mergeln bestehend, zu suchen, auf welcher die mit 50° gegen Süden einfallenden Nagelfluhen und Sandsteine abgerutscht sind.

Ebenso blickt man im Hintersteiner Tale, nahe bei dem „Rauhen Wege", die Zeugen des Felssturzes, der im Jahre 1902 niedergegangen ist. — Im gleichen Sommer (1902) brachen von der Rotspitze ansehnliche Felsmassen ins Rettenschwanger Tal nieder.

Zahlreiche Bergschlipfe kommen im Flyschgesteine bei Schlier- und Tegernsee vor, namentlich am Gschwendtner- und Abwinkelberge und am Westabhange des Kreuzbergköpfels. Im Jahre 1903 war ein besonders großer Bergrutsch im Flyschgebiete des benachbarten Schliersees, worüber alle größern Tageszeitungen berichteten.

Ein tönender Berg. J. A. Spring berichtet hierüber folgendes[1]): Der westlichen Seite der Stadt Hermosillo, der Hauptstadt des mexikanischen Staates Sonora entlang, verläuft die lange, enge Carmelstraße, so genannt nach der an ihrem südlichen Ende gelegenen Carmelkirche. Unmittelbar an der der Stadt abgekehrten Seite erhebt sich ein Felshügel, dessen höchste Spitze um etwa 200 *m* die Umgebung überragt. Diese Felsmasse ist wohl das Resultat alter vulkanischer Tätigkeit, da alle ihre Bestandteile die Eigenschaften aller Lavagesteine aufweisen. Nichts wächst auf diesem Berglein, ausgenommen hier und da spärliches Gebüsch oder Gras in einer Felsspalte, wo die Verwitterung des Gesteines etwas Erdreich geschaffen, und der Wind oder ein Vogel einige Samenbeeren hingebracht haben mögen. Die Oberfläche besonders des obern Teiles des Berges ist vielfach durch Höhlen, Klüfte und Spalten unterbrochen, neben denen sich zackige Spitzen und Steine von allen Größen und Formen befinden.

[1]) Globus **91**. Nr. 6. p. 95.

Dieser Felsenhügel ist im ganzen Lande unter dem Namen „el cerro de las campanas" (der Glocken) bekannt, weil zu gewissen Zeiten, scheinbar aus seinem Innern, langgezogene Töne, die oft eine schöne Harmonie bilden, herauskommen. Je nach der Richtung der herrschenden Winde verändern sich die Töne in ihrer Stärke und Klangfarbe. Bald scheinen sie das Geläute ferner Glocken zu sein, bald Orgeltöne in ziemlicher Nähe; bei sehr schwachem Winde wird der aufmerksame Lauscher unwillkürlich an leises Flötenspiel erinnert. Bei gänzlicher Windstille bleibt der Berg stumm.

Trotz ernster Mühe und endlosen Befragens der Einwohner war es Spring unmöglich, die Ursache dieser merkwürdigen Naturerscheinung zu ermitteln. Die Besteigung des Berges allein ist zwar leicht genug, aber das Herumklettern in den unzähligen Klüften und Spalten in der Suche nach einem unfaßlichen Problem ist höchst anstrengend, besonders während der dortigen Sommerhitze. Auch fehlte ihm dazu die Zeit.

Indessen fand Spring einen alten Indianer und ließ sich von diesem eine Sage erzählen, welche das Tönen mit einem Morde in Verbindung bringt. Er selbst glaubt, daß an dem Hügel irgendwo am Eingange einer Höhle oder einer Kluft oder in einem durchlöcherten Felsen eine gigantische natürliche Flöte besteht, die je nach der Richtung und Stärke des Windes die auf andere Art nicht erklärlichen Töne hervorbringt.

Die spanische Sierra Nevada. A. Benrath schildert die Eindrücke, die er bei einem Besuche dieses Hochgebirges von demselben erhalten hat.[1]) „Die sich südöstlich von Granada gleich einer gigantischen Mauer erhebende Sierra Nevada gehört wohl zu den eigenartigsten Kettengebirgen Europas. Der etwa 3000 *m* hohe Kamm wird von einigen Gipfeln wenig überragt, unter denen der Mulhacen (3481 *m*) der höchste, der Picacho de Veleta (3398 *m*) der aussichtsreichste, die Alcazaba (3314 *m*) der am schönsten geformte ist. Dem ungefähr von Osten nach Westen verlaufenden aus Glimmerschiefer bestehenden Zentralmassiv sind rings aus Triaskalk und jüngern Gesteinen bestehende Schichten vorgelagert. Die Flüsse, die fast alle am Zentralkamme entspringen, durchschneiden, von dort aus strahlenförmig nach allen Richtungen fließend, den Gebirgsstock in zahlreiche Bergrücken, welche Lomas genannt werden. Schön geformte Kalkberge, die für die Alpen so charakteristisch sind, fehlen fast völlig. Eine Ausnahme bildet der nahe bei Granada gelegene Cerro Trevenque, ein prachtvoller nach allen Seiten steil abfallender Kegel. Die breiten Talböden beim Austritte der Flüsse aus dem Gebirge sind reich besiedelt und bebaut. Die Flüsse sind so wasserreich, daß im Norden die Vega von Granada durch den Genil und den

[1]) Hettner, Geogr. Zeitschr. 1907. p. 121.

Monachil, im Süden diejenige von Motril durch den Guadalfeo bewässert wird, nachdem schon die Talböden dieser Flüsse in Gärten von fast tropischer Üppigkeit verwandelt worden sind. Dorf reiht sich an Dorf, und besonders die südlichen, Alpujarras genannten Täler weisen eine hohe Bevölkerungszahl auf. Weiter oberhalb aber, wo die Täler eng werden, und die künstliche Bewässerung aufhört, liegen nur noch einzelne von kleinen Feldern umgebene Bauernhöfe, in denen Viehzucht betrieben wird. Während die an den Abhängen wachsenden aromatischen Kräuter für Rindvieh eine wenig geeignete Nahrung sind, weiden Schafe und Ziegen sie als Leckerbissen ab, im Sommer bis auf die höchsten Gipfel emporsteigend.

Die Flora der Sierra Nevada ist pflanzengeographisch sehr interessant. Wie in keinem andern europäischen Hochgebirge haben dort die Gewächse mit ihrem schlimmsten Feinde, der Trockenheit, zu kämpfen, was sie zu den eigenartigsten Anpassungen zwingt.

Am leichtesten zugänglich ist dieses Gebirge von Granada aus. Da die vom Zentralmassiv nach allen Seiten ausgehenden Bergrücken fast gar nicht von tiefen Quertälern durchschnitten sind, so kann man auf ihrem Kamme leicht zu den höchsten Gipfeln gelangen. Diese Kammwege gehen ja viel bergauf, bergab, aber sie haben vor den Talwegen den Vorzug, daß man zum Schlusse die starke Steigung vermeidet, die sich stets im Quellengebiete des Baches findet. Fast alle Saumpfade sind solche Kammwege, unter andern auch der „Schneeweg", auf dem früher die Maultiertreiber Schnee aus dem Gebirge holten zur Herstellung kalter Getränke in Granada. Seit der Verwendung künstlichen Eises hat dieser Erwerbszweig stark gelitten, wenn er auch noch nicht völlig verschwunden ist."

Infolge seiner Wasserarmut weist das Gebirge kaum einen der Reize auf, welche uns in den Alpen entzücken, man fühlt sich vielmehr in ein wasserarmes, tropisches Hochgebirge versetzt.

Die Halbinsel Shan-tung. Im Jahre 1903 wurde von der Carnegie-Institution in Washington eine Forschungsexpedition nach China entsandt, die unter Führung des Geologen Bailey Willis stand, und an der E. Blackwelder und H. Sargent teilnahmen. Diese Expedition hat bis zum Juni 1904 ihre Aufgabe gelöst, und die Ergebnisse werden in einem fünfbändigen Werke veröffentlicht. Von diesem liegt Band I vor, und Dr. Alfred Rühl hat daraus eine Darstellung der auf die Provinz Shan-tung bezüglichen Angaben gegeben.[1]) Derselben ist nachfolgendes entnommen.

Die Halbinsel Shan-tung besitzt in der Richtung von Nordosten nach Südwesten eine Länge von etwa 580 *km* und eine Breite, die zwischen 80 und 200 *km* schwankt. Im Osten bildet das Meer, das

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 217.

oftmals tief in das Land eingreift, die Grenze, während sich im Westen die große Ebene des Huang-ho ausdehnt, die sich nur wenig über den Meeresspiegel erhebt. So fällt die lange und schmale gebirgige Halbinsel nach allen Seiten hin direkt zur Erosionsbasis ab.

Als ein Gebirgland besitzt Shan-tung seine Eigenart in der Ausdehnung und Anordnung der Täler. Tiefländer greifen weit in das Land, selbst in die Gebirgsregionen hinein, die Flüsse mäandern oft schon von der Quelle an durch breite Niederungen dahin. Die Berge treten meist einzeln oder in Gruppen auf, nur ganz ausnahmsweise trifft man sie in Ketten angeordnet. Ihre Höhe ist außerordentlich verschieden, nicht nur in den einzelnen Teilen der Halbinsel, sondern selbst in einem und demselben Gebiete. Der höchste Punkt, der T'ai-shan, mit einer Höhe von 1500 *m* ist nur 48 *km* vom Huang-ho entfernt und erhebt sich steil aus dem offenen Tale des Wön-ho.

Die große Tiefebene des Huang-ho setzt sich aus Löß zusammen, der von dem Flusse herstammt und in den Niederungen, die die westlichen Abhänge des Gebirges umgeben, abgelagert wurde. Bis zum Jahre 1862 floß der Strom im Süden der Halbinsel. Diese Änderung seines Laufes, die ihn um 400 *km* nach Norden verschoben hat, ist typisch für die Wanderungen des Flusses in früherer Zeit und zeigt die Art, wie er seine Alluvionen über die großen Ebenen des östlichen China ausgebreitet hat. In derselben Weise wie der Huang-ho haben auch die Flüsse, die von den Gebirgen Shan-tungs herkommen und sich in das Gelbe Meer ergießen, wie der I-ho und Wön-ho, Alluvialebenen aufgebaut, die mit der des Huang-ho zusammengewachsen sind.

Zusammenhängende Gebirgsketten sind in Shan-tung selten, doch gibt es immerhin einige wenige Gebirge, die in Zügen angeordnet sind und auch genetisch miteinander in Verbindung zu stehen scheinen. Eine solche Kette zieht im Norden des Wön-ho-Tales, die nach ihrer höchsten Erhebung, dem T'ai-shan, die T'ai-shan-Kette genannt wird. Eine andere liegt im Südosten des Siau-wön-ho und Tung-wön-ho und hat von v. Richthofen den Namen Shi-mön-shan und Kiu-nü-shan erhalten. Diese Gebirgszüge, die etwa die nordwestliche und südwestliche Grenze des Gebirgslandes überhaupt bezeichnen, schließen einen Winkel ein, innerhalb dessen die Anordnung der Höhen eine weit weniger regelmäßige ist. Im allgemeinen zeigen die Gebirge wilde und malerische Formen. Wie sie aber in ihrer Zusammensetzung außerordentlich verschieden sind, indem einzelne aus Granit oder Gneis, andere aus Sedimentärgesteinen bestehen, so weisen sie auch in den Einzelheiten große Mannigfaltigkeit auf.

Die zentrale Gebirgsregion von Shan-tung ist von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt, die die verschiedenen Formationen des Gebietes durchsetzen und der Gegend einen gebirgigen Charakter gegeben haben. Aus physiogeographischen Gründen hat man diesen

Verwerfungen ein spätkretazeisches oder eozänes Alter zuzuschreiben.

Daß die Hauptzüge der Oberflächengestaltung durch die Verwerfungen bestimmt werden, ist nirgends so deutlich als an den Stellen, wo die Dislokationen ein verhältnismäßig jugendliches Alter besitzen. Während der Bildung der Verwerfungen entstanden wahrscheinlich Bruchstufen von beträchtlicher Höhe, wie wir sie noch jetzt in Shan-si und Shen-si beobachten können; gegenwärtig sind sie jedoch so weit zurückgeschritten, daß die Verwerfungen weitab vom Tale liegen, so daß eigentliche Stufen nicht mehr vorhanden sind. Wo durch die Verwerfungen harter Kalkstein mit weniger widerstandsfähigen Schiefern oder Gneisen in Berührung kam, trifft man häufig auf dem abgesenkten Flügel den Kalkstein in der Form eines Rückens, während sich auf der gehobenen Seite ein kleines Tal entwickelt hat.

In einem Stromsysteme, das die ursprünglichen Beziehungen zu den Verwerfungen noch deutlich aufweist, sollte man eine Reihe von Flüssen erwarten, deren Lauf mit den Verwerfungen längs des abgesenkten Flügels parallel geht; dort mußten sie die Verwerfungen kreuzen oder um sie herumfließen, wo diese nur geringe Höhenunterschiede hervorgerufen haben. Diesen Bedingungen entspricht jedoch nur der Hauptfluß von Shan-tung. Da die kleinern Flüsse meist konsequent sind, indem sie von dem gehobenen zum gesenkten Flügel fließen, queren sie die Dislokationen in rechtem Winkel und häufig an Punkten, wo die Sprunghöhe der Verwerfung eine ziemlich bedeutende ist. Es ist dies eine Wirkung des starken Rückschreitens der Bruchstufen. Die Abbrüche werden durch Schluchten, die sich in rechtem Winkel zur Verwerfung bilden, und die vermöge des starken Gefälles sehr rasch sich in das Gebirge hineingraben, mehr oder weniger tief zerschnitten. Da sie den kürzesten Weg nehmen, so sind sie gegenüber den Flüssen, die parallel zu den Verwerfungen fließen, im Vorteile. Anzapfung und Ablenkung anderer Flüsse sind die natürliche Folge, und die Wasserscheiden bilden sich demgemäß zwischen den größern Talsenkungen an den Stellen, wo die von beiden Seiten rückschreitende Erosion sich das Gleichgewicht hält.

Alaska wurde in einem großen Werke von Alfred H. Brooks geschildert. Dr. A. Rühl gab daraus einen Auszug.[1]) Der Flächeninhalt Alaskas beträgt hiernach 938 240 *qkm*. Orographisch kann man das Land in vier natürliche Gebiete einteilen: das pazifische Gebirgssystem, das Zentralplateau, das Rocky Mountainsystem und das arktische Gebiet. Zum erstern gehören die Gebirgsmassen, welche St. Elias Range genannt werden. In der Nähe des Cross

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 1 ff.

Sound erheben sich einzelne Gipfel direkt vom Meeresspiegel bis zu Höhen von 4500 *m* empor, nach Westen hin nimmt die Höhenentwicklung des Gebirges immer mehr zu, um im Mount St. Elias und Mount Logan mit 5400 und 5900 *m* die größte Höhe zu erreichen. Der Gebirgsfuß liegt hier nur 30 bis 50 *km* von der Küste entfernt, und der Zwischenraum zwischen ihm und dem Meere wird von einer Reihe kleinerer Hügelketten oder einer flach sich neigenden Küstenebene eingenommen.

Im Norden und Westen der rauhen, schneebedeckten Pazifischen Kette ändert sich das landschaftliche Bild völlig. Ein welliges Plateau, durchfurcht von tief eingeschnittenen Stromläufen, mit breiten Tälern und Niederungen, über das nur vereinzelt einige Berggipfel emporragen, erstreckt sich in einer durchschnittlichen Breite von 300 *km* zwischen dem pazifischen Gebirgssysteme und den Rocky Mountains. In Britisch-Columbia ist eine solche scharfe Grenze nicht vorhanden, da die beiden topographischen Regionen hier ganz allmählich ineinander übergehen, während z. B. längs der Nordseite der St. Elias Range die ebene, grasreiche Hochfläche direkt an das rauhe, schneebedeckte Gebirge anstößt. Dagegen hat Dawson aus jenem Gebiete Gebirgsketten, die unter dem Namen Gold Ranges zusammengefaßt werden, beschrieben, die jedoch bei etwa 60° Norden ihr Ende erreichen, wenn sich auch weiterhin einzelne Spitzen 600 *m* hoch über das Plateau erheben; größere Gebirgszüge existieren in der Zentralplateauregion nicht mehr.

Das Rocky Mountainsystem, das sich nordwärts an das Zentralplateau anschließt, ist noch wenig erforscht. Der nördliche Abfall der Rocky Mountains steigt in der Nähe der internationalen Grenze direkt vom Meere empor und läßt nur einer ganz schmalen Küstenzone Raum. Nach Westen hin tritt aber das Gebirge immer mehr von der Küste zurück, so daß sich hier eine breite Küstenzone entwickeln kann. Sie bildet als Region der arktischen Abdachung die vierte der großen natürlichen Provinzen, in die Alaska zerfällt, und entspricht in physiographischer Hinsicht den Great Plains der Vereinigten Staaten.

Da Flußsystem Alaskas ist besser bekannt als das Gebirgsland. Der größte Fluß ist der Yukon mit 3600 *km* Stromentwicklung und einem Entwässerungsgebiete von etwa 900 000 *qkm*. Er verschafft den bequemsten Zugang zu den weiten Gebirgsregionen des Innern, und er war stets sowohl für die Eingeborenen wie für die Weißen von der größten Wichtigkeit, da er sich im Sommer auf Booten, im Winter auf Schlitten leicht befahren läßt und vermöge seines großen Fischreichtumes den Menschen auch mit Nahrung versehen konnte. So kann man sagen, daß alle Ansiedlungen der eingeborenen Bevölkerung und der Weißen nur durch den Yukon ermöglicht wurden. Seine Quelle liegt in Kanada, und über die Hälfte seines Flußgebietes gehört überhaupt nicht zu Alaska. Der eigentliche

Strom entsteht aus der Vereinigung zweier Flüsse, des Lewis und Pelly River. Der erstere, der reich an Zuflüssen ist, hat seinen Ursprung in einem See an der nördlichen Seite der Coast Range, nur 40 *km* vom Lynnkanal entfernt, und fließt in seinem Oberlaufe durch eine Kette von Seen, die er in engen, steilen Tälern miteinander verbindet. In seinem Unterlaufe fließt er träge dahin, teilt sich oftmals in verschiedene Arme und bildet Flußinseln und ausgedehnte Sümpfe. Wie dieser Quellfluß des Yukon, kommt auch der Pelly River in etwa 61° Norden aus einem See. Bei Selkirk in etwa 63° Norden, noch auf kanadischem Gebiete, vereinigen sich beide Flüsse zu dem eigentlichen Yukon, dessen Stromgebiet von hier ab in vier Teile zerfällt: den obern Yukon, die Yukonniederungen, die das große Tiefland des mittlern Laufes umfassen, die Rampartregion bis zur Einmündung des Tanana River und schließlich den untern Yukon. Der obere Yukon, dessen Tal 400 bis 1000 *m* tief in das Plateau eingeschnitten ist, empfängt von Süden her den White River und nicht weit von der Mündung dieses Flusses von Norden den großen Stewart River, der in den noch unerforschten Regionen, welche die pazifisch-arktische Wasserscheide bilden, entspringt. Ebenfalls von rechts, wenig oberhalb der internationalen Grenze, trifft den Yukon der Klondyke River, dessen Name ja weltbekannt geworden ist. Der Name wird aber meist zu Unrecht für das große Grenzgebiet Alaskas und Kanadas verwendet, während die ganze Klondykeregion nur wenige Hundert Quadratkilometer umfaßt. Die reichen Goldlager finden sich in den Flußgebieten des Klondyke und Indian River, eines ganz unbedeutenden Nebenflusses des Yukon. Das Gebiet, das noch in seiner ganzen Ausdehnung zu Kanada gehört, stellt ein hoch gelegenes Plateau dar, das nach allen Richtungen hin von tiefen und weit verzweigten Talschluchten durchschnitten ist. Die Täler sind aber nur in ihrem obern Teile steil, im untern ist die Talsohle meist sehr breit und eben, oft sumpfig und zum Teile bewaldet. Unterhalb des Fortymile Creek beginnen die „Yukon Flats", große, 300 *km* lange Niederungen, die den mittlern Yukon in eine Breite von 60 bis 150 *km* umgeben. Der Strom nimmt hier eine ganze Reihe von Nebenflüssen auf, unter denen der Porcupine River weitaus der bedeutendste ist. Dieser entspringt bei 65° 30′ Norden, nicht sehr weit vom Yukon entfernt und nimmt zunächst einen nordöstlichen Lauf, um dann sich nach Westen zu wenden und den Yukon in mehrern Armen zu erreichen. Der Yukon selbst tritt, nachdem er noch den Chandlar River aufgenommen hat, bei etwa 66° Norden in die Rampartregion, den malerischsten Teil seines ganzen Laufes, ein. Dieses Hochland durchquert er in einem sehr engen, nur wenig gewundenen Tale, dessen Gehänge als senkrechte Wände aufsteigen und nur selten die Ausbildung schmaler Terrassen ermöglichen. Die Rampartregion, die nur eine Länge von 200 *km* besitzt, endigt bei der Einmündung des Tanana River,

wo ein schroffer Wechsel der Talszenerie eintritt. Der Tanana River ist der größte Zufluß, den der Yukon überhaupt empfängt. Während dieser von Süden herkommt, ergießt sich von Norden her noch ein zweiter größerer Fluß in den Yukon, der Koyukuk River. Der Yukon fließt in seinem Unterlaufe zunächst in westlicher Richtung und biegt dann schließlich wieder nach Nordwesten um. 150 *km* oberhalb seines großen Deltas erweitert sich das südliche Talgehänge zu einer Küstenebene, deren Einförmigkeit nur durch ganz vereinzelte Hügel unterbrochen wird. Der Strom teilt sich in mehrere Arme, von denen der nördlichste Apoonpaß, der südlichste Kwikluakpaß heißt. Das Zwischenstromland, wo der Fluß andauernd seinen Lauf ändert, und in dem auch einige seiner Kanäle blind endigen, ist sumpfig und von unzähligen kleinen Seen erfüllt. Wenn auch der Yukon in seinem Unterlaufe sehr schlammreich ist, so ist er doch oberhalb der großen Niederungen weit mehr mit Sedimenten beladen als unterhalb, da er während seines trägen Laufes durch dieses Gebiet einen großen Teil seiner Sand- und Schlammassen zur Ablagerung bringt.

Die Flüsse, die dem arktischen Entwässerungsgebiete Alaskas angehören, können in zwei Gruppen geschieden werden, solche, die dem Kotzebuesund zufließen, und solche, die nördlich direkt ins Meer strömen. Im Osten von Point Barrow, wo das eigentliche arktische Flußsystem beginnt, wird die Region der arktischen Abdachung von drei bedeutendern Strömen durchzogen, dem Meade, Chipp und Colville River; daneben fließt noch eine ganze Reihe kleinerer unerforschter Flüsse, die oft noch gar keinen Namen besitzen, trägen Laufes der Küste zu. Aber auch von den genannten längern Wasserläufen ist in der Regel außer ihrem allgemeinen Verlaufe fast nichts bekannt.

Die voreinstige Vergletscherung Alaskas war eine sehr bedeutende, und es ist vielfach die Meinung verbreitet, als ob Alaska auch jetzt noch fast in seiner ganzen Ausdehnung in Schnee und Eis gehüllt ist. In Wirklichkeit sind dagegen die Gletscher und Schneefelder heute beinahe ganz auf die Pacific Mountains beschränkt, und Gilbert schätzt ihr Areal auf etwa 40 bis 50 000 *qkm*. Wenn er aber behauptet, daß sich ausschließlich in diesem Gebirge Gletscher finden, so ist dies nicht richtig. Denn Schrader berichtet von einem Gletscher in den Endicott Mountains, aus dem Flußgebiete des John River, und im Nordosten von diesem sind nach Aussage verschiedener Prospektoren Gletscher vorhanden. Unbedeutende Überreste von Gletschereis weisen auch die Kigluaik Mountains auf der Sewardhalbinsel und ebenso nach den Angaben von Spurr die Ahklun Mountains in der Nähe des Beringmeeres auf. Die großen Gletscher liegen an der Seeseite der pazifischen Küstenketten, wo sie von den gewaltigen Schneefeldern gespeist werden, die wiederum ihren Ursprung in den reichen Niederschlägen der feuchten ozeanischen

Winde haben. Viele von ihnen reichen tief hinab und ergießen sich sogar direkt in das Meer, während sie an dem nördlichen Abhange nur klein sind und selten den Fuß des Gebirges überschreiten. Eine ungefähre Vorstellung der Intensität der gletscherbildenden Bedingungen an der Küste und im Inlande erhält man, wenn man die Höhe der Schneelinie mit der untern Gletschergrenze vergleicht. Nach Hayes besitzt die Schneelinie an der Seeseite der St. Elias Range eine Höhe von 600 *m* gegen 1800 *m* an dem Abfalle zum Plateau; und während die Gletscher dort bis zur Meeresküste herabgehen, ziehen sie sich hier schon in 1200 bis 1500 *m* Höhe zurück. Ähnlich liegen die Verhältnisse in den Wrangell Mountains, wenn auch die Lage der Schneelinie hier auf beiden Seiten eine höhere ist.

Gebirgserhebungen und Meeresbecken. Hierüber hat D. L. Waagen beachtenswerte Ausführungen veröffentlicht.[1]) Um die Aufwölbung der Gebirge zu verstehen, sagt er, muß man von der Tatsache ausgehen, daß die Kettengebirge stets alten, lange bestehenden Meeresbecken entstiegen. Es liegt somit ein zweifelloser inniger Zusammenhang zwischen den Erhabenheiten und Vertiefungen der Erdkruste vor, und J. Dana, M. Reade und zum Teile auch Richthofen bauten darauf ihre Theorie auf, welche als die thermische bekannt ist. Waagen betont aber, daß die angenommene Temperaturerhöhung der Sedimentmassen unter den Tiefen der Weltmeere sich absolut nicht erweisen lasse, im Gegenteile mache die niedrige Temperatur in großen Meerestiefen dies unwahrscheinlich, abgesehen davon, daß ja die Sedimente während der Auffaltung sofort ihre höhere Temperatur und damit die sie bewegende Kraft verlieren mußten und somit niemals über die Oberfläche des Meeres gelangen konnten. Temperaturerniedrigung und damit zusammenhängende Zusammenziehung, wie dies von Richthofen und Drygalski angenommen wurde, könne von vornherein nur beschränkte Geltung erlangen. Ebenso fand Duttons Lehre von der Isostasie nur geringen Anklang. Die vulkanische Erdbebentheorie, die von L. v. Buch, A. v. Humboldt und E. de Beaumont in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts begründet war, wurde später verlassen, bis sie nunmehr durch Ampferer, Becke und andere, wenn auch modifiziert, wieder zur Anwendung gebracht ist. „Weitaus die größte Verbreitung erlangte die Kontraktions- oder Schrumpftheorie, welche sich ganz auf dem Boden der Laplaceschen Nebularhypothese aufbaut und in Dana, Heim und E. Sueß ihre bedeutendsten Vertreter besitzt. Diese Theorie wird durch so viele Beobachtungen gestützt, daß, solange die Laplacesche Hypothese als richtig angenommen wird, wohl auch die Kontraktionslehre nicht verworfen werden soll. Denn mag man nun den Berechnungen Heims oder Lapparents oder

[1]) Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt in Wien 1907. Nr. 5.

Devilles bezüglich des Zusammenschubes der Erdkruste die meiste Wahrscheinlichkeit beimessen, so scheint doch unbestreitbar daraus hervorzugehen, daß der Erdumfang erheblich kleiner geworden, respektive, daß der Erdradius sich verkürzt hat."

Es sind nun zwei Prämissen, von welchen Waagen bei seinen Überlegungen ausgeht, und die er beide als feststehend betrachtet: 1. Die Faltengebirge sind stets aus alten Meeresbecken emporgetaucht, und 2. die Faltung beruht auf der Kontraktion der Erdkruste. Man hat die Erscheinungen dieser Kontraktion, wie Waagen meint, in letzter Zeit vielleicht allzu sehr an die Oberfläche der Erde verlegt, indem man tangentialen Schub als die Faltungsursache hinstellte. Dem gegenüber möchte er die Arbeit Ampferers als einen Fortschritt begrüßen, der „das Vorwiegen der vertikalen Beziehungen und Bewegungen wieder klar gemacht" habe. Auch Ampferer ging von der Kontraktionstheorie aus, und es dürfte ein zweifelloses Verdienst seiner eingehenden Untersuchungen sein, daß er die Wesenheit der Faltung in dem Verhältnisse von „Scholle und Ring" erkannte, wenn er auch der horizontalen Bewegung vielleicht noch zu großen Einfluß zuschrieb.

Den dritten Punkt, von dem Waagen ausgeht, bilden die neuern Resultate der Schweremessung, welche nach den Beobachtungen Sternecks eine Kurve ergeben, die unter den Gebirgen einen Massendefekt, dagegen unter den Niederungen und besonders den Meeren einen Massenüberschuß erkennen läßt. Daraus müsse man den Schluß ziehen, daß, theoretisch genommen, am leichtesten Gebirge und überhaupt hochgelegene Teile der Erdkruste, wie Festländer, niederbrechen können, während Meeresbecken verhältnismäßig stabil bleiben können.

„Stellen wir uns," sagt Waagen, „zur weitern Besprechung zunächst einmal einen Erdball vor, dem zwar die Gebirge fehlen, auf welchem aber immerhin schon eine Differenzierung in Festlandmassen und Meere vorhanden wäre, wobei die Kontinente nach den Vorstellungen von Johannes Walther gegen das Meer von Flexuren begrenzt seien. Nehmen wir an, daß eine solche Festlandsscholle sich zu senken beginne, so wird dadurch schon an und für sich der zum Meeresgrunde absteigende Muldenschenkel zusammengepreßt, und zwar dies um so mehr, als die gesunkene Scholle durch ihre zentripetale Bewegung in eine kleinere Kugelschale vorgerückt ist und auch aus diesem Grunde gegen das Meeresbecken eine Pressung ausüben muß, da sie nur in dieser Richtung ausweichen kann." Der Druck wirke also bei einer solchen sinkenden Festlandmasse nicht tangential, sondern schief nach abwärts, und es sei gleichgültig, ob dabei die gegenüberliegende Küste sich ruhig verhält oder ebenfalls im Sinken begriffen ist, da dies die Wirkung bloß in ihrer Intensität ändern würde. Diese Wirkung jedoch wird sich darin äußern, daß der Druck längs des absteigenden Schenkels der Mulde bis zu

deren Tiefpunkt hinabgeleitet werde, wo er endlich durch den Druck des Gegenschenkels zum Stillstande gebracht werde. Hier also könne die Kräfteverschiebung erst ein Resultat auslösen, das eben in einer Auffaltung des Untergrundes des Meeres bestehen werde.

Mit fortschreitendem Sinken des Kontinents werde daher das vorgelagerte Meer einerseits immer stärker zusammengedrückt und daher schmäler, anderseits die daraus hervorwachsenden Falten immer höher, so daß hierdurch schon ein allgemeiner Überblick über die Art, wie Gebirge entstehen könnten, gegeben wäre. „Es ist leicht denkbar," sagt Waagen, „daß ein Hochland und, wie die Schweremessungen ergaben, ist dies gerade bei Hochländern auch besonders leicht möglich, in Absenkung begriffen ist, während das andere Ufer von Flachland gebildet wird. Es muß da eine Zeit eintreten, in welcher die Falten über den Meeresspiegel und daher über das Flachland emporragen, während sich das Hochland immer noch als höhere Landmasse darüber bis zu einem gewissen Grade erhebt. Läuft nun der Senkungsprozeß weiter, so wird der Druck wirklich tangential wirken, und die Falten müssen gegen das ruhende Flachland vorgedrängt werden, ja es kann sogar zur Auslösung von Schubmassen und Überfaltungen kommen. Daraus wären jedoch zwei Gesetze abzuleiten: 1. Bei einseitig gefalteten Gebirgen ist das Vorland stets die ruhende, das Hinterland die bewegte Scholle; 2. Überschiebungen und Überfaltungen können nur dadurch ausgelöst werden, daß eine höher gelegene Scholle durch Einsenkung gegen ein niedriges Vorland drückt.

Damit braucht jedoch die Bewegung der sinkenden Scholle noch nicht zum Stillstande gekommen zu sein, wenn sie mit dem Vorlande die gleiche Höhe erreicht hat, sondern der Prozeß kann sich auch weiter fortsetzen. Da ist es aber ersichtlich, daß nun eine Umkehrung der frühern Wirkungsweise eintritt: die Scholle, die bisher eine Pressung hervorrief, wird nunmehr eine Zerrung ausüben, indem sie sich, ich möchte sagen, unter das Normalniveau senkt und eventuell auch unter die Oberfläche des Meeres. Kurz, es würde auf diese Weise wieder eine Flexur an den Grenzen der Kontinente entstehen: das eingesunkene Hinterland.

Aus dem gleichen Zusammenwirken zweier sich senkender Schollen würden sodann, theoretisch genommen, zweiseitig gefaltete Gebirge entstehen, denn hier müßte es ja eine Zeit geben, in welcher die beiden Schollen wie die Backen eines Schraubstockes wirken, und dies müßte ein Umlegen der Falten nach beiden Rändern zur Folge haben. Ebenso wäre aus dem Zusammenwirken von drei oder auch mehr sinkenden Schollen die Entstehung von Scharung und Virgation in gewissen Fällen leicht abzuleiten.

Endlich muß auch noch auf die Schollenländer und Grabenbrüche Bezug genommen werden. Diese können wohl nicht in einer einzigen Ursache ihre Erklärung finden; es müssen da Spannungs-

differenzen, Zerrungen und Senkungen, in geringem Umfange auch Hebungen herangezogen werden.

Diese Überlegungen führen zu folgenden Sätzen: Faltung ist bedingt durch die Zusammenziehung der Erde. Die Ursache der Faltung ist das Nachsinken der Kontinente, respektive höher gelegener Landmassen; sie beginnt am Grunde der Meere. Wenn die so entstandenen Gebirge bereits über den Meeresspiegel emporragen, können sie durch die bewegte Scholle, das Hinterland, auf die ruhende Scholle, das Vorderland, aufgeschoben werden. Faltung kann, nachdem sie einmal eingetreten, nur so lange fortdauern, als die sinkende Scholle ein höheres Niveau einnimmt wie das ruhende Vorderland. Bei weiterm Sinken kann auch das Hinterland unter den Meeresspiegel gelangen, und so hängt das Aufwölben der Gebirge und das Absenken der Meerestiefen innig zusammen, und aus diesem Verhältnisse würde sich auch das Wandern vorzeitlicher Meeresprovinzen erklären lassen."

Erdmagnetismus.

Über magnetische Störungen zu Batavia berichtet Dr. W. van Bemmelen.[1]) Er wurde auf diese Untersuchung der dortigen Aufzeichnungen geführt durch Maunder, der aus den Registrierungen zu Greenwich und Toronto geschlossen hat, daß diese magnetischen Störungen eine Tendenz zeigen, nach dem Ablaufe einer synodischen Rotation der Sonne wiederzukehren und dies bisweilen während zwei oder mehrern Rotationsperioden wiederholen. Maunder schloß aus dieser Wahrnehmung, daß die magnetischen Störungen ihren Ursprung auf der Sonne haben, daß aber die Sonnenaktion, welche sie hervorruft, nicht gleichmäßig nach allen Richtungen des Raumes wirkt, sondern in schmalen Strahlen, die nicht notwendig radial verlaufen. Dieselben entstammen kleinen Flächen der Sonne, und diese sind nicht nur die Ursache der magnetischen Störungen, sondern auch der Sonnenflecke. Dr. van Bemmelen hat nun 1149 magnetische Störungen, die von 1880 bis 1899 zu Batavia registriert wurden, nach dieser Richtung hin statistisch untersucht und gelangte zu folgenden Ergebnissen. Bezeichnet man mit Maunder plötzlich stark einsetzende magnetische Störungen als S-Störungen und solche, die stufenweise stärker werden, als G-Störungen, so findet sich, daß die S-Störungen offenbar einen kosmischen Ursprung haben, die G-Störungen können auch kosmisch verursacht sein, aber ihr Beginn ist abhängig von der lokalen Zeit des Beobachtungsortes, endlich ist auch die Entwicklung sämtlicher Störungen in gewissem Maße abhängig von der lokalen Zeit.

Was den Zusammenhang der magnetischen Störungen mit den Sonnenflecken anbetrifft, so ergibt die statistische Zusammenstel-

[1]) Koninglijke Akad. van Wetenschappen. te Amsterdam 1906. Nr. 22.

lung, daß die G-Störungen keinen erkennbaren Parallelismus mit der Häufigkeit der Sonnenflecke zeigen, daß dagegen ein Parallelismus der stärkern S-Störungen mit der Zahl der Sonnenflecke hervortritt, sowie endlich, daß die S-Störungen am seltensten sind, wenn die G-Störungen am häufigsten eintreten.

Magnetische Variationsbeobachtungen in einem Bergwerke. Seit Ende September 1906 wird, wie Prof. A. Schmidt (Potsdam) mitteilt,[1]) in einem Kohlenbergwerke der Zeche Monopol, etwa 18 *km* nordöstlich von Dortmund, unter der Leitung des Markscheiders Stiepel eine Doppelstation unterhalten.

Die beiden Stationen, von denen die obere in einem nach Angaben des Prof. Haussmann für die Technische Hochschule in Aachen gebauten, guten Wärmeschutz gewährenden Holzhäuschen untergebracht ist, während die untere rund 800 *m* tiefer im Erdinnern liegt, sind mit ganz gleichartigen Instrumenten, je einem Quarzfadenunifilar und einer Wage, sowie natürlich einem Registrierapparat ausgerüstet. Die Instrumente sind bis auf einen der letztgenannten Apparate, der dem Potsdamer Observatorium gehört, von Mechaniker Schulze in Potsdam geliehen worden.

Über die Ergebnisse der noch nicht abgeschlossenen Beobachtungen wird natürlich erst nach längerer Zeit eingehend berichtet werden können, da bei der a priori zu erwartenden Geringfügigkeit der etwaigen Differenzen eine sehr sorgfältige Ermittlung der Instrumentalkonstanten und eine umfangreiche Reduktion der Beobachtungen erforderlich ist.

Indessen lassen sich doch auch schon aus der vorbereitenden Untersuchung der ersten gleichzeitigen Registrierungen (die sich auf Deklination und Vertikalintensität beziehen) interessante Schlüsse ziehen. Entsprechend den theoretischen Erwartungen zeigt sich, daß in den schnell verlaufenden Schwankungen im allgemeinen kein merklicher Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Stationen zu bemerken ist. (Bei den langsamern, vor allem bei der täglichen Variation, ist dies natürlich in noch höherm Grade zu vermuten; bei diesen ist aber besonders wegen der Schwierigkeit, den Temperatureinfluß genügend genau zu berücksichtigen, die Feststellung schwieriger.) Vereinzelt treten jedoch kleine Differenzen auf, die ihrem Charakter nach kaum auf künstliche Störungen zurückführbar erscheinen. Immerhin bedarf die Möglichkeit einer Erklärung durch künstliche Einflüsse der gründlichsten Prüfung, ehe etwas Bestimmtes über die sachliche Bedeutung jener Differenzen gesagt werden kann. Die elektrischen Anlagen des Bergwerkes selbst, die fast ausschließlich Drehstrom benutzen, geben zu Bedenken kaum Anlaß; anderseits aber deuten Einflüsse, die an beiden Stationen merklich verschieden auftreten, mit großer Sicherheit auf lokale Ursachen in der Nachbarschaft der Beobachtungspunkte hin.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 130.

Die Ursache der magnetischen Störungen und der Ursprung des Erdmagnetismus ist Gegenstand der Untersuchungen von Prof. Birkeland gewesen.[1]) Derselbe hat früher die Anschauung vertreten, daß das Nordlicht und die Störungen im Erdmagnetismus durch Kathodenstrahlung und eine ähnliche, von der Sonne ausgehende Strahlung verursacht wird, indem diese von den erdmagnetischen Kräften zur Erde angezogen wird. Die Bearbeitung des von der norwegischen Nordlichtexpedition auf den vier Stationen Kaafjord, Dyrafjord, Axelöen und Matotchin Schar gesammelten Beobachtungsmaterials hat neue und sehr wertvolle Resultate ergeben. Man fand hier, daß die in einer Höhe von 500 *km* über der Erde befindlichen Ströme, als gewöhnliche elektrische Ströme berechnet, eine Stromstärke von 1 000 000 Ampère haben. Die größten magnetischen Störungen werden hier durch Strömungen verursacht, die ihre Maximalstärke gegen Mitternacht erreichen. In den Polargegenden folgen diese Ströme der Nordlichtzone, wo das Nordlicht am häufigsten auftritt, und die magnetischen Wirkungen der Ströme sind hier bis gegen zwanzigmal größer als auf südlichen Breiten. Das genannte Resultat stimmt insofern mit den Untersuchungen Störmers, wonach die Kathodenstrahlen von der Sonne nur innerhalb der Nordlichtzone sich der Erde einigermaßen nähern können. Experimentell ist das Resultat dadurch bestätigt worden, daß man ein kleines magnetisches Erdmodell von 10 *cm* Durchmesser in ein großes Vakuumrohr aufgehängt hat und dann von einer entfernt stehenden Kathode die Kathodenstrahlen gegen die Kugel richtete. Es entstehen dann bei einem solchen Versuche prachtvolle Lichterscheinungen, worunter namentlich ein kräftiger Lichtring bemerkt wird, der den magnetischen Äquator der Magnetkugel umgibt, und dessen Stellung und Form an den bekannten Saturnring erinnert. Diese Erscheinung kann zur Erklärung der Entstehung des Erdmagnetismus dienen. Wenn nämlich die Erde sich in einem Felde von Kathodenstrahlen oder damit verwandten Strahlen, wie z. B. die sogenannten β-Strahlen, die von der Sonne ausgehen, bewegt, wird sich um den magnetischen Äquator der Erde ein kräftiger Ring solcher Strahlen bilden. Und diese Strahlen haben einen solchen Verlauf, daß sie die Erde eben in der Richtung magnetisieren werden, wie es wirklich der Fall ist.

Es wurde ferner gezeigt, wie ein ursprünglich unmagnetischer, aber magnetisierbarer Planet in einem ständigen Felde solcher Strahlen, die von der gesamten Sonnenoberfläche ausgehen, in einer bestimmten Stärke und in derselben Richtung wie die Erde magnetisiert wird, unter der Voraussetzung, daß der Planet in derselben Richtung wie die Erde um seine Achse rotiert. Die Energie-

[1]) Ges. d. Wissensch. in Kristiania. Sitzung der mathem.-naturwiss. Klasse 1907. Januar.

quantität, die von der Sonne ausstrahlt, wird stets ausreichen, um einen Planeten von der Größe der Erde zu magnetisieren. Auch das Zodiakallicht und der Saturnring (?) sind möglicherweise sichtbare Zeugen riesenhafter elektrischer Erscheinungen, die in dünnen Gasen durch die hier genannten, von der Sonne ausgehenden Strahlungen herrühren. Eine solche elektrische Theorie für den Saturnring würde kaum größere Schwierigkeiten zu bekämpfen haben, als die jetzt gewöhnlich angenommene Meteortheorie. Wenn die Gestirne allgemein solche Strahlen aussenden, werden sie hierdurch die in ihrer Nähe befindlichen Planeten magnetisieren, und der Magnetismus wird ebenso kosmisch sein wie die Schwere.

Indessen erheben sich gegen eine Theorie wie die hier genannte über die Entstehung des Erdmagnetismus sogleich scheinbar große Schwierigkeiten. Denn der Großmeister des Erdmagnetismus Gauß hat schon im Jahre 1839 nachgewiesen, daß die alles überwiegende Wirkung des Erdmagnetismus im Innern der Erde zu suchen ist, und mehrere hervorragende Forscher haben später diesen Satz bestätigt. Untersucht man indessen die betreffende Arbeit von Gauß näher, so findet man, daß er dem genannten Satz die Einschränkung beifügt: „. . . unter der Voraussetzung, daß keine andern elektrischen Strömungen als die jetzt bekannten galvanischen vorhanden sind". Solche Ströme sind aber die in der Theorie Birkelands vorausgesetzten Strömungen aus β-Strahlen, deren magnetische Wirkungen von denjenigen der galvanischen Ströme gänzlich verschieden sind. Schließlich wurden noch einige theoretische Untersuchungen besprochen über die magnetischen Wirkungen von solchen Strahlen, die aus elektrisch geladenen Korpuskeln bestehen, die sich mit einer Geschwindigkeit bewegen, die derjenigen des Lichtes sehr nahekommt.

Prof. Störmer knüpfte an den Vortrag von Birkeland die Bemerkung, daß auch solche Kleinteilchen, die sich den Polargegenden in Korkzieherspiralen nähern, eine starke magnetische Wirkung ausüben werden, indem sie als Solenoide wirken, eine Erscheinung, die für den Verlauf der Protuberanzen und deren Erklärung von Bedeutung sein wird.[1])

Erdbeben.

Die Beobachtung entfernter Erdbeben nach dem heutigen Zustande der Wissenschaft behandelte F. Omori.[2]) Die Erdbebenbewegung besteht im allgemeinen aus verschiedenen Reihen von Schwingungen, die in Größe (Amplitude) und Periode innerhalb weiter Grenzen liegen. Am geeignetsten teilt man diese Bewegungen

[1]) Chemiker Zeitung 1907. Nr. 13.
[2]) Gaea 1907. p. 193.

in zwei Klassen: unmittelbar wahrnehmbare oder makroseismische, die dem Gefühl als Bodenerzitterungen oder Bodenstöße bemerkbar sind, und unwahrnehmbare oder mikroseismische, die nur durch Instrumente erkennbar werden. Bei der erstgenannten Klasse treten lebhafte Bewegungen gleichzeitig mit langsamen zusammen auf, während in der andern Klasse rasche Bewegungen völlig fehlen oder doch sehr unbedeutend sind. Manche Vibrationen der unfühlbaren Bewegungen sind so groß und selbst größer als diejenigen bei kleinen, aber unmittelbar bemerkbaren, lokalen Erdbeben; sie sind nur deshalb unfühlbar, weil ihre Schwingungsperiode sehr lang und folglich die Bewegungsänderung klein ist. Die unterste Grenze der Intensität oder Akzeleration der wahrnehmbaren Bewegung ist etwa 17 *mm* in der Sekunde. Die schnellen und kurzwelligen Schwingungen bei Erdbebenbewegungen werden mit zunehmender Entfernung vom Zentrum der Störung zerstreut, und zwar rascher als die langsamen und langen Schwingungen, so daß die von einem entfernten Erdbeben verursachte Bodenbewegung in ihrem Charakter einfacher ist als diejenige einer nähern, und völlig unfühlbar oder mikroseismisch. Als entferntes Erdbeben wird hier ein solches bezeichnet, dessen Epizentrum vom Beobachtungsorte 1500 bis 2000 englische Meilen entfernt ist.

Da die Erdkruste als elastisches Medium zu betrachten ist, durch welches die Erdbebenwellen fortgepflanzt werden, so bildet die Untersuchung dieser Wellen bezüglich der Art und Weise ihrer Fortbewegung, sowie deren Verhalten unter verschiedenen Umständen, einen sehr wichtigen Zweig der geophysikalischen Wissenschaft. Besonders die Beobachtung entfernter Erdbeben führt zu interessanten Ergebnissen, die geeignet sind, Licht zu werfen auf die Zustände im Innern unserer Erde. Mittels unseres überaus empfindlichen modernen Seismographen sind wir imstande, ein großes Erdbeben in jedem Teile der Erde wahrzunehmen, durch welches Bodenschwingungen von 1 bis 5 Stunden Dauer verursacht werden.

Nahe Erdbeben. Gewöhnliche, bemerkbare Bodenerschütterungen beginnen, vom Seismographen verzeichnet, stets mit Vibrationen von kleiner Amplitude und verhältnismäßig kurzer Periode. Man bezeichnet diese Vibrationen als vorausgehende Tremors, und sie dauern von wenigen Sekunden bis zu einigen Minuten. Dann folgen Vibrationen von großer Amplitude, welche den Hauptteil bilden, und schließlich endigt der Erdstoß mit schwachen Bewegungen, welche man als den Schlußteil bezeichnen kann. Wenn der Sitz des Erdbebens nahe beim Beobachter befindlich ist, so vernimmt dieser ein Geräusch ähnlich entferntem Donner oder ein Rauschen gleich dem des Windes, und dieses ereignet sich unmittelbar, bevor die Erschütterung des Bodens eintritt. Diese Schallerscheinungen, welche sehr häufig in gebirgigen Gegenden, dagegen sehr selten in flachen Bezirken wahrgenommen werden, sind sehr wahrscheinlich verur-

sacht durch die raschen Vibrationen während der vorausgehenden Tremors. Die wohlbekannte Tatsache, daß gewisse Tiere vor dem Beginne von Erdbeben Zeichen von Unruhe geben, ist sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß sie die ersten Bewegungen der vorausgehenden Tremors fühlen. Die Zeitdauer dieser Tremors hängt nicht ab von der Intensität des Erdbebens, sondern ändert sich, wie man gefunden hat, mit der Entfernung des Ursprungsortes. Wenn man die Dauer der vorausgehenden Tremors in Sekunden mit Y bezeichnet, die Entfernung des Beobachtungsortes vom Zentrum des Erdbebens mit X, so hat sich zur Berechnung des letztern in Kilometern folgende empirische Formel bewährt:

$$X = 7.27 \times Y + 38\ km:$$

Diese Formel ist gültig für Werte von X zwischen 100 und 1000 *km*. Diese einfache Formel ist überaus nützlich, denn sie bietet ein Mittel, auf jeder Station, die einen hinreichend empfindlichen Seismographen besitzt, die Entfernung des Ausgangspunktes eines Erdbebens sofort annähernd zu schätzen. Wenn aber solche seismographische Aufzeichnungen von mehrern Stationen vorliegen, so kann man daraus weiter die wahrscheinliche Lage des Erdbebenzentrums auf der Erdoberfläche ableiten. Als Beispiel können die Aufzeichnungen des Ewing-Seismographen dienen, welche Prof. Campbell auf der Licksternwarte von dem Erdbeben am 18. April 1906 mitgeteilt hat. Nach diesem Seismogramm dauerten die vorausgehenden Tremors im Mittel 11 Sekunden, woraus sich nach obiger Formel für die Entfernung X des Hauptzentrums der Erschütterung in Kilometern ergibt:

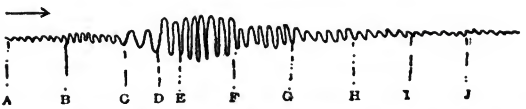
$$X = 7.27 \times 11 + 38\ km = 118\ km,$$

was mit der Wirklichkeit ziemlich gut übereinstimmt.

Die Dauer der stärksten Schwingungen im Hauptteile des Seismogramms beträgt bei zerstörenden Erdbeben zwischen 4 und 10 Sekunden, in ausnahmsweise heftigen Fällen aber bis zu 30 Sekunden. Gemäß dem obenerwähnten Seismogramm der Licksternwarte betrug die Dauer des Hauptteiles während jenes großen Erdbebens anscheinend 40 Sekunden.

Bei schwachen Erdbeben ist die Bodenbewegung nur unbedeutend und erreicht einen Bruchteil von 0.1 Zoll. Wenn die Bewegung etwa $^1/_2$ Zoll beträgt, so ist das Erdbeben stark und kann leicht gefährliche Wirkungen haben, bei einer Bewegung von ein paar Zoll ist die Wirkung unter Umständen verhängnisvoll. Während des Erdbebens von San Francisco erreichte sie wahrscheinlich bis zu 3 Zoll. In gewöhnlichen Fällen ist der vertikale Teil der Bodenbewegung sehr erheblich kleiner als der horizontale, und die zerstörende Kraft muß mit wenigen besondern Ausnahmen dem letztern zugeschrieben werden.

Entfernte Erdbeben. Eine sorgfältige Untersuchung der Seismogramme hat gelehrt, daß die Erdbebenbewegung im allgemeinen aus verschiedenen Phasen oder Sektionen besteht, in deren jeder die Periodendauer im wesentlichen konstant bleibt, ebenso im ganzen auch die Amplitude, ausgenommen bei Maximum- und Minimumgruppen.



Schematische Darstellung der Erdbebenbewegungen, die von einem sehr entfernten Ausgangspunkte herrühren.

AB: 1. vorausgehende Tremors. BC: 2. vorausgehende Tremors. CD: 1. Phase des Hauptteiles. DE: 2. Phase des Hauptteiles. EF: 3. Phase des Hauptteiles. FG: 4. Phase des Hauptteiles. I: Schlußteil.

Die aufeinander folgenden Phasen der Erdbebenbewegung, welche die Abbildung vorführt, sind folgende:

Der vorausgehende Tremor, der aus Vibrationen von kleiner Schwingungsweite (Amplitude) und verhältnismäßig kurzer Periode besteht, zerfällt in einen ersten und zweiten Teil; letzterer beginnt mit einer deutlichen Vergrößerung der Amplitude und bisweilen mit dem Auftreten schwacher Undulationen. Der Hauptteil des Seismogramms bezeichnet die stärkste Intensität des Erdbebens und zeigt Schwingungen von großem Ausschlage (Amplitude). Der voraufgehende Teil desselben zerfällt weiter in drei Stufen: a) die erste Phase, bestehend aus wenigen, sehr langsamen Bewegungen; b) die zweite Phase, ebenfalls aus langsamen Bewegungen bestehend, deren Periode im allgemeinen etwas kürzer ist als die der vorhergehenden; c) die dritte Phase, bestehend aus Vibrationen, die viel rascher sind als diejenigen von a und b. Dieser dritten Phase folgen noch andere von kleiner Amplitude (FG, GH usw.), die man als vierte, fünfte Phase des Hauptteiles bezeichnen kann. Schließlich bezeichnet der Endteil des Seismogramms die Abschwächung und das endliche Erlöschen der Erdbebenbewegung. Bei Beben, deren Ausgangspunkt der Beobachtungsstation nahe liegt, ist die Bewegung wegen des Vorhandenseins lebhafter Vibrationen von makroseismischem Charakter viel verwickelter als bei Fernbeben, und es bleibt schwierig, die verschiedenen Phasen des Hauptteiles zu unterscheiden.

Gleichwie bei den Nahebeben, so hat sich auch bezüglich der Fernbeben herausgestellt, daß die Dauer der vorausgehenden Tremors an einem gegebenen Punkte abhängt von der Entfernung der Ursprungsstelle des Bebens, und diese Entfernung durch eine einfache empirische Formel näherungsweise bestimmt werden kann.

Sei wie oben X die Distanz zwischen dem Beobachtungspunkte und dem Epizentrum des Erdbebens, Y die Gesamtdauer der ersten und zweiten vorausgehenden Tremors, so findet sich in Kilometern ausgedrückt

$$X = 6.54 \times Y + 720\ km.$$

Kennt man nur die Dauer des ersten Teiles der vorausgehenden Tremors und bezeichnet diese mit Y_1, so erhält man die Entfernung X aus folgender Gleichung:

$$X = 17.1 \times Y_1 + 1360\ km.$$

Diese Berechnungen geben annähernd richtige Werte von X, wenn letzteres zwischen 2000 und 18 000 *km* beträgt.

Die Zeit, wann der Erdstoß an seiner Ursprungsstelle stattfand, ergibt sich näherungsweise, wenn man von dem Zeitmomente, in welchem er an dem Beobachtungsorte registriert wurde, die mit 1.165 multiplizierte Dauer von Y_1 abzieht.

Pulsatorische Oszillationen. Dieselben sind kleine, langsame, pulsähnliche Oszillationen, die mit eigentlichen Erdbeben nichts zu tun haben, vielmehr befindet sich der Boden mehr oder weniger in einem Zustande leiser Vibration, wenn irgendwo ein Erdbeben sich bemerkbar macht. In einigen ausgesprochen heftigen Fällen dieser Pulsationen war die Bewegung so groß wie bei schwachen Erdbeben, indem die größte Amplitude bisweilen fast 0.2 *mm* erreichte. Dabei ist auch die horizontale Bewegung im allgemeinen viel größer als die vertikale, obgleich in einigen Fällen die letztere sehr markiert auftritt und der andern fast gleich ist. Die Pulsationen, welche mehrere Tage hindurch andauern können, zeigen eine Aufeinanderfolge von verschiedenen Phasen nur bei großen Fernbeben, obgleich sie Änderungen in größern und kleinern Gruppen unterworfen sind. Da die Periode der Pulsation sich nur wenig ändert und stundenlang konstant bleibt, so kann man annehmen, daß diese Bewegungen die Eigenschwingungen gewisser Teile der Erdkruste repräsentieren. Wirklich besitzen diese verschiedenen Teile der Erdkruste ununterbrochen größere oder kleinere Bewegungen, und die Periode einzelner solcher Schwingungen hängt in jedem einzelnen Falle von der geotektonischen Beschaffenheit der Lokalität ab.

Eine sorgfältige Untersuchung der Horizontalpendelaufzeichnungen zu Tokio zeigte, daß die Pulsationen in den meisten Fällen wesentlich aus Vibrationen von vier Sekunden Dauer bestehen, mehr oder weniger untermischt mit solchen von einer Periode, die etwa acht Sekunden beträgt. Die Vibrationen der vier Sekundenperioden kommen sehr häufig vor, doch fehlen auch Beispiele nicht, wo die Vibrationen von acht Sekunden fast ausschließlich vorherrschten. Man darf vielleicht behaupten, daß diese letztere die der Ebene von Tokio eigentümliche Fundamentaloszillation ist, und erstere eine ihrer harmonischen

Zuordnungen. Die durchschnittliche Periode der Hauptpulsationen zu Osaka, Formosa, Göttingen und andern Beobachtungsorten, beträgt entweder nahezu vier oder nahezu acht Sekunden, und es scheint, daß diese Perioden in allen Teilen der Erde näherungsweise die gleichen sind.

Pulsatorische Oszillationen begleiten im allgemeinen die großen Wirbelstürme, und diese Wirkung einer großen atmosphärischen Depression ist schon bis in Entfernungen von mehrern tausend Kilometern wahrgenommen worden; indessen sind auch Fälle stürmischer Pulsationen beobachtet worden an Tagen, wo in allen Teilen Japans völlig ruhiges Wetter herrschte.

Perioden der Erdbebenvibrationen. Die vorherrschenden Perioden der verschiedenen Phasen der Bodenbewegungen, welche durch entferntere Erdbeben hervorgerufen werden, sind nach den Beobachtungen zu Hitotsubaski (Tokio) folgende, wobei die sehr häufig vorkommenden durch fettere Ziffern wiedergegeben sind.

	Sek.	Sek.	Sek.	Sek.
1. Vorausgehende Tremors. . .	**1.04**	**4.6**	**8.7**	
2. „ „ . . .	**8.5**	**14.8**		
3. Sektion	**22.9**	**27.6**		
4. „	**13.6**	**17.8**	22.3	25.9
5. „	**9.3**	**13.6**		
Schluß	**9.6**	**16.0**		

Man bemerkt, daß die beiden Perioden von etwa 4.5 und 8.5 Sekunden am häufigsten in den vorausgehenden Tremors auftreten, und dies stimmt auch mit den Beobachtungen zu Hongo überein. Diese beiden Perioden sind praktisch übereinstimmend mit jenen, welche für die Pulsationen zu Tokio gefunden wurden, die, wie oben angegeben, 4.4 und 8.0 Sekunden betragen. Dagegen hängen die Tremorperioden nicht von der Distanz zwischen dem Beobachtungsorte und dem Epizentrum ab, sondern sind charakteristisch für die Gegend von Tokio. Ähnliches gilt auch für die Perioden der andern Stadien der Erdbebenbewegung. Als Schlußfolgerung ergibt sich, daß die hauptsächlichsten Schwingungen der vorausgehenden Tremors eines Fernbebens und die Pulsationen identische Erscheinungen sind.

Als eine wahrscheinliche Erklärung des Auftretens der vorausgehenden Tremors kann folgende gelten: Die Wellen dieses Tremors werden durch eine tiefe Schicht der Erdkruste fortgepflanzt mit einer Geschwindigkeit von 14 *km* in der Sekunde und erregen unter dem Beobachtungsorte höhere Teile der Erdkruste, die dann ihrerseits in Eigenschwingungen geraten. In der Tat scheinen die vorausgehenden Tremors nichts anderes zu sein als die pulsatorischen Schwingungen, welche durch die vom Ursprungsorte des Erdbebens ausgehenden und längs einer tiefern Schicht der Erdkruste fortgepflanzten Wellen erzeugt werden.

Nach den Beobachtungen der Schwingungen, welche Fernbeben hervorrufen, sind hauptsächlich folgende Perioden in den verschiedenen Phasen der Bewegung vorhanden:

	Sek.	Sek.	Sek.
1. Vorausgehende Tremors	4.1	7.8	13.9
2. „ „	4.8	8.2	15.0
Hauptteil, 1. Phase	36.1		
„ 2. „	27.5	33.7	
„ 3. „	20.4	24.0	
„ 4. „	11.7	14.9	
„ 5. „	14.3		
„ 6. „	14.5		
Schlußteil	9.9	14.3	19.8

Die Amplitude der Bewegung ist am kleinsten bei den ersten vorausgehenden Tremors, am größten bei den zweiten und dritten Phasen des Hauptteiles. Die nachstehende Tabelle enthält die mittlern relativen Maximalamplituden der bezüglichen Bewegungen.

1. Vorausgehender Tremor	100 *mm*
2. „ „	560 „
Hauptteil, 1. Phase	550 „
„ 2. „	1820 „
„ 3. „	1220 „
„ 4. „	840 „
„ 5. „	560 „
„ 6. „	430 „

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Vibrationen. Bei Berechnung dieser Geschwindigkeiten ergibt sich ein beträchtlicher Unterschied, je nachdem man annimmt, daß die Wellen in der geraden Linie vom Ausgangspunkte des Bebens im Erdinnern zum Beobachtungsorte fortgepflanzt werden oder parallel der Oberfläche. Unter dieser letztern Voraussetzung, welche die wahrscheinlichere zu sein scheint, ergeben sich die Geschwindigkeiten der verschiedenen Erdbebenwellen annähernd gleich groß ohne Rücksicht auf den Abstand im Bogen der Erdoberfläche. Eine Ausnahme machen nur die Fälle, in welchen der Abstand des Epizentrums klein ist und etwa 30° beträgt. Bezeichnet man die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Bodenwellen (parallel zur Erdoberfläche) für die obenbezeichneten verschiedenen Phasen der Erdbebenbewegung mit V_1, V_2 bis V_8, so haben sich für deren Geschwindigkeit folgende mittlere Werte ergeben:

$V_1 = 13.7$ *km* pro Sek.	$V_5 = 3.3$ *km* pro Sek.
$V_2 = 7.2$ „ „ „	$V_6 = 2.8$ „ „ „
$V_3 = 4.6$ „ „ „	$V_7 = 2.4$ „ „ „
V_4 nicht genauer bekannt	$V_8 = 2.1$ „ „ „

Die Geschwindigkeit der Wellen am Beginne des Hauptteiles bei einem Nahebeben beträgt im Durchschnitte 3.3 *km* pro Sekunde, ist also ebenso groß wie V_5 in obiger Tabelle, und hieraus geht hervor,

daß die Vibrationen der 3. Phase des Hauptteiles sich längs der Erdoberfläche fortpflanzen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen des ersten vorausgehenden Tremors (V_1) ist sehr groß, und man kennt kein Gestein, dessen Elastizitätsmodulus hinreichend groß wäre, um eine solche Translationsgeschwindigkeit zu ermöglichen. Wir müssen deshalb schließen, daß die Wellen der ersten vorausgehenden Tremors sich auf einem Wege innerhalb der Erdkruste fortpflanzen. Da nur die Dauer der ersten vorausgehenden Tremors an einer gegebenen Station sehr nahe proportional ist dem Bogen zwischen dieser Station und dem Punkte des Erdbebensitzes, so scheint es auch, daß die Wellen dieses Tremors sich parallel zur Erdoberfläche fortbewegen und in einer wahrscheinlich konstanten Tiefe unter ihr. Die Erscheinung erklärt sich unter der Annahme, daß die vorausgehenden Tremors sowohl als die Wellen des Hauptteiles gleichzeitig am Orte der Erdbebenursprunges entstehen, aber in dem Maße, als sie sich von dort entfernen, und die Bewegung sich ausbreitet, infolge der Verschiedenheit ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeiten voneinander getrennt werden. Die Schicht, längs welcher die Wellen (V_1), von großer Geschwindigkeit sich fortbewegen, bezeichnet vielleicht die Grenze der Materie, in der die tiefen seismischen Wellen entstehen. Eine oberflächliche Berechnung, die auf dem Verhältnisse der Dauer der ersten vorausgehenden Tremors und der Entfernung des Epizentrums, sowie auf der Größe der verschiedenen Geschwindigkeiten beruht, ergibt 600 *km* als wahrscheinliche Tiefe jener Schicht, längs deren die Vibrationen des ersten vorausgehenden Tremors fortgepflanzt werden. Es ist wahrscheinlich, daß die Wellen mit den Geschwindigkeiten V_2 und V_3 in Schichten sich fortbewegen, die weniger tief unter der Erdoberfläche liegen.

Fortpflanzung der seimischen Bewegung um die ganze Erde. Wir wollen annehmen, es bezeichne T die Beobachtungsstation und C den Ort, an welchem das Erdbeben seinen Ursprung hat. Dann gibt es drei Arten der Bewegung, welche unterschieden werden können, und die als W_1-, W_2- und W_3-Wellen bezeichnet werden mögen.

Die W_1-Wellen sind diejenigen, die von C nach T sich auf dem kürzesten Wege parallel zur Erdoberfläche fortbewegen. Die W_2-Wellen sind diejenigen, die sich von C nach der entgegengesetzten Seite fortpflanzen und längs dem größten Bogen erst nach T gelangen, wenn sie über dessen Antipoden sich fortbewegt haben. Die W_3-Wellen sind diejenigen W_1-Wellen, die über T in der gleichen Richtung fortschritten, einen vollen Umlauf um die Erde machten und nun zum zweiten Male T erreichten.

Die Identifizierung der W_3-Wellen ist nur in sehr wenigen Fällen möglich, die W_2-Wellen sind dagegen bestimmter zu erkennen, sie sind gewöhnlich dadurch charakterisiert, daß ihre Periode viel

langsamer ist als die der vorhergehenden Vibrationen, die den Endteil der W_1-Wellen bezeichnen. Die durchschnittliche Periode der W_2-Wellen ist, mit wenigen Ausnahmen, sehr gleichförmig und beträgt 20.4 Sekunden, übereinstimmend mit der Dauer der vorherrschenden Periode der dritten Phase des Hauptteiles der Seismogramme. Die Periode der W_3-Wellen ist wahrscheinlich die nämliche, wie diejenige der W_2-Wellen. Hieraus scheint hervorzugehen, daß die W_2- und W_3-Wellen die nämlichen sind, welche die dritte Phase des Hauptteiles der Erdbewegung bilden. Der Zeitunterschied zwischen der Ankunft der W_1- und der W_3-Wellen beträgt 3 Stunden 20 Minuten 46 Sekunden, übereinstimmend mit der Zeit, welche die Wellen der dritten Phase des Hauptteiles brauchen würden, um die Erde mit ihrer Geschwindigkeit von 3.3 *km* pro Sekunde zu umkreisen.

Das Erdbeben von San Francisco in Tokio beobachtet. Die Zeit des Anfanges in Tokio war $5^h\ 24^m\ 35^s$ a. m. (Pacificzeit), und die gesamte Dauer der Bewegung betrug 5 Stunden. Die Dauer der ersten vorausgehenden Tremors war $9^m\ 49^s$, woraus sich die Entfernung des Erdbebensitzes von Tokio im größten Bogen der Erdoberfläche zu 5400 englischen Meilen berechnete, sowie die Zeit des Stoßes am Ursprungsorte auf 5 Uhr 13 Minuten.

Die erste Verschiebung der gut definierten horizontalen Schwingungen beim Beginne der zweiten vorausgehenden Tremors geschah in der Richtung S 27° W—NE, nahezu entsprechend der Richtung des größten Kreises von Japan über Kalifornien.

Um 7 Uhr 31 Minuten (Pacific-Standardzeit), nämlich $2^h\ 6^m\ 35^s$ nach Beginn der Störung, begannen die Vibrationen, welche den Erdbebenwellen entsprechen, die in südöstlicher Richtung durch Südamerika über den Atlantischen und Indischen Ozean die Erde umkreist hatten. Beispiele von großen Erdbeben, welche die pazifische Küste Amerikas störten, sind u. a.: das Alaska-Erdbeben vom 3. und 10. September 1899 und vom 9. Oktober 1900, die zentralamerikanischen Erdbeben vom 18. April und 22. September 1902, das Erdbeben in Panama, Columbia und Ecuador am 31. Januar 1906. Die ganze pacifische Küste bildet überhaupt einen der am meisten aktiven seismischen Distrikte der Welt.

Große zerstörende Erdbeben zeigen die Tendenz, in Gruppen aufzutreten, namentlich ereignen sie sich in verschiedenen Teilen einer gegebenen Region oder Zone im Verlaufe weniger Jahre. So stellte sich vom September 1899 bis zum Januar 1906 eine Reihe von sechs extensiven Beben ein, welche die ganze pacifische Küste von Alaska bis nach Südamerika trafen und dadurch anzeigten, daß diese Erdbeben nicht von lokalem Charakter waren, sondern daß gewaltige Kräfte sich längs des pacifischen Ufers betätigten, so daß die Ausdehnung der seismischen Störung auf die Küste der

Vereinigten Staaten naturgemäß zu erwarten war. Das große kalifornische Erdbeben vom 18. April 1906 vervollständigt aber die Kontinuität der seismischen Tätigkeit in diesem Teile der Erde. Wird ein Erdbeben verursacht durch irgend einen schwachen Punkt unter der Erdoberfläche, der zuletzt eine Störung des statischen Gleichgewichtes herbeiführt und dadurch Bodenwellen erzeugt, die sich durch Felsen und Erdreich fortbewegen, so kann ein sehr heftiges Erdbeben wie das kalifornische vom 18. April betrachtet werden als Folge der Bewegung, welche durch eine beträchtliche Unstabilität in der Erdkruste hervorgerufen wurde. Solche Regionen erhalten dann zuletzt aber eine gewisse seismische Sicherheit, und es ist Tatsache, daß kein Fall bekannt ist, in welchem heftige Erdbeben ihren Ursprung wiederholt in einem und demselben Zentrum gehabt hätten.

Die kleinen Nachbeben, welche verschiedene Teile der pacifischen Küste noch mehrere Jahre beunruhigen dürften, sind nicht von gefährlicher Natur, auch ist es durchaus notwendig, daß diese schwachen Beben eintreten, damit sich die Erdkruste dadurch wieder in den Zustand des Gleichgewichtes setzt.

Bearbeitungen makroseismischer Erdbeben haben J. v. Jánosi und A. Réthly geliefert.[1]) Sie bedienten sich dabei der sogenannten Cancanischen Gleichungen, welche einen Zusammenhang zwischen den beobachteten Stärkegraden, der Herdtiefe und der Absorptionskoeffizienten der Energie in der Erdrinde mit der Entfernung vom Herde ergaben. Die Stärke der Beben wird nach der Forell-Mercallischen Skala geschätzt, welche Cancani auf der II. internationalen seismologischen Konferenz vorgeschlagen hat. (I.—XII. Stärkegrade.) Diese Schätzung geschieht ähnlich, wie an den meteorologischen Stationen die Schätzung der Windstärke den Wirkungen gemäß. Die weitere Behandlung der so erhaltenen Werte ergibt nun die Verteilung der Stationen, an denen die Intensität des Bebens dieselbe war, die sogenannten Isoseisten. Die Gestalt dieser Kurven ist, wenn der Aufbau der Epizentralgegend gleichmäßig ist, ein Kreis, systematische Abweichungen deuten auf geologische Ungleichheiten.

Wie die Werte der Windstärken nur dann einen physikalisch wertvollen Stoff ergeben, wenn durch ihre Bearbeitung Windgeschwindigkeiten berechnet werden können, so drängt sich auch hier die Aufgabe auf, die geschätzten Stärkeangaben mit einer das Erdbeben charakterisierenden physikalischen Größe in Zusammenhang zu bringen. Eine solche Größe ist z. B. die größte Beschleunigung des Bebens, die jedenfalls die charakterisierendste Angabe der Bebenstärke ist.

[1]) Die Erdbeben in Ungarn 1906. Publ. d. K. ungarischen Reichsanstalt Budapest 1907. p. 83.

Omori, Milne und andere haben sich mit der Bestimmung des absoluten Wertes dieser Beschleunigung beschäftigt, auf ihre Angaben gestützt, erhielt Cancani die folgende Tabelle:

Stärke des Bebens	die Grenzen der größten Beschleunigung *mm*/sec.
I.	0—2.5
II.	2.5— 5
III.	5—10
IV.	10—25
V.	25—50
VI.	50—100
VII.	100—250
VIII.	250—500
IX.	500—1000
X.	1000—2500
XI.	2500—5000
XII.	5000—10000

Die Hauptergebnisse der von den Obengenannten ausgeführten Rechnungen für fünf Beben, denen sie noch diejenigen von zwei andern durch J. v. Jánosi und Gy. Schindler berechnete beifügen, enthält folgende Tabelle. In derselben bezeichnet G den Stärkegrad im Epizentrum, h die Herdtiefe in Kilometern, y den Absorptionskoeffizienten und *qkm* die Ausdehnung des Bebens in Quadratkilometern.

		G	h *km*	y	*qkm*
Charleston	1886. VIII. 31.	10.0	102	0.0041	796.000
India	1897. VI. 12.	10.0	170	0.0039	3.970.000
Délmagyar	1901. IV. 2.	9.5	7—13	0.020	72.800
Erdély	1880. X. 3.	9.5	10	0.023	62.400
Jókeö I.	1906. I. 10.	9.0	6—11	0.033	29.840
Jókeö II.	1906. I. 16.	9.0	5—8	0.048	11.386
Eger	1903. VI. 26.	9.0	5	0.049	8.800

Über die Wellenbewegungen bei Erdbeben verbreitet sich Dr. J. B. Messerschmitt.[1]) Er kommt zu dem Ergebnisse, daß bei dem Auftreten der Nachbeben in einem Erdbebenbezirke die Reflexionen der Wellen im Innern der Erdoberfläche eine hervorragende Rolle spielen, wie dies ja auch aus den Seismogrammen entfernter Erdbeben schon jetzt zum Teile erkannt worden ist. Weiterhin findet man, daß die Laufzeiten auf den verschiedenen Wegen so berechnet werden können, als ob die Wellen auf den entsprechenden Sehnen und nicht, wie die sonstige Vorstellung des Erdinnern es erfordert, auf gekrümmten Linien dahineilen. Es möchte sich dieser Umstand wohl leichter durch die Vorstellung Wiecherts über das Erdinnere als durch eine andere erklären lassen. Es sind also diese Betrachtungen ein neuer Beweis für die Wichtigkeit des Studiums der Erdbeben gerade bezüglich der Natur des Erdinnern.

[1]) Naturw. Rundschau 1907. Nr. 35.

Jährliche Periode der Erdbebenhäufigkeit in Potsdam. Seit 1. April 1902 werden die Potsdam erreichenden Fernbeben — Ortsbeben gibt es in dieser Gegend der norddeutschen Tiefebene überhaupt nicht — von zwei senkrecht zueinander stehenden Horizontalpendeln, seit Oktober 1903 außerdem auch von einem Wiechertschen astatischen Pendelseismometer registriert. Die Beobachtungen liegen bis Ende 1906 vor, umfassen also fünf Jahrgänge, deren erster allerdings unvollständig ist. Da das Material weit über 1000 Beben umfaßt, hat O. Meißner dasselbe berechnet, um die jährliche Periode der Häufigkeit der Fernbeben abzuleiten.[1])

In der folgenden maßgebenden Tabelle sind die Häufigkeitszahlen für August und Oktober 1903, weil interpolatorisch ermittelt (die Beobachtungen mußten wegen Aufstellung des Wiechertschen Apparates einige Zeit unterbrochen werden), in Klammern gesetzt. Auch die Werte für Juni und Juli 1906 sind eingeklammert, weil in dieser Zeit die Horizontalpendel behufs Anbringung der neuen Heckerschen Luftdämpfung außer Betrieb gesetzt waren. Das Wiechertsche Seismometer registriert aber in Potsdam erheblich weniger Beben als die Horizontalpendel, weil es durch die hier sehr starken mikroseismischen Bewegungen andauernd in Unruhe versetzt wird, aus der sich Fernbeben von längerer Wellenperiode nicht genügend hervorheben.

Monatliche Häufigkeit der Fernbeben in Potsdam.

	1902	1903	1904	1905	1906	Mittel a	Mittel b
Januar . . .	—	28	14	13	30	21	20
Februar . .	—	24	21	15	32	23	**25**
März	—	22	28	22	29	25	24
April	11	24	30	26	27	23	23
Mai	3	28	17	26	20	19	18*
Juni	5	17	39	32	(9)	20	20
Juli	—	35	33	43	(12)	31	**30**
August . . .	36	(31)	27	24	38	31	**30**
September .	19	—	29	18	14	20	20
Oktober . .	19	(24)	23	27	19	22	21
November .	19	20	20	34	14	21	21
Dezember . .	11	18	22	35	9	19	18*
Jahr	—	—	303	315	253		290

In Spalte b ist das Mittel auf einen 30tägigen Monat reduziert, um die einzelnen Werte vergleichbar zu machen.

Das Hauptmaximum fällt hiernach in den Juli und (oder) August, ein sekundäres in den Februar. Zwei gleichtiefe Minima sind vorhanden und fallen in die Monate Mai und Dezember. Das ist genau dieselbe Periodizität, wie sie Mazelles für Triest festgestellt hat. Auch dieser Forscher fand Maxima im August und Februar, Minima im Mai und Dezember.

[1]) Erdbebenwarte 7. .. 114.

„Erklären läßt sich," sagt Meißner, „ diese doppelte Periodizität am einfachsten, wenn man annimmt, daß auf beiden Erdhalbkugeln im Mittel in ihrem astronomischen Sommer ein Maximum von Beben stattfindet; das Februarmaximum ist dann deshalb niedriger, weil die schwächern Beben der Südhalbkugel die Apparate nicht mehr anregen, während dies gleichstarke Beben der Nordhalbkugel wegen der größern Nähe noch tun. Es ist sehr wohl möglich, daß im Durchschnitte tatsächlich im Sommer jeder Halbkugel mehr Beben vorkommen als im Winter, wenn sich auch die einzelnen Legenden, wie besonders aus der Bearbeitung der japanischen Erdbeben hervorgeht, recht verschieden verhalten.

Im Durchschnitte wurden in den drei Jahren 1904 bis 1906, in denen ständig wenigstens ein Apparat in Betrieb war, 290 Beben aufgezeichnet, also 0.8 Beben pro Tag oder je 1.26 Tagen ein Beben.

Mehrmals wurden zahlreiche Beben in kurzer Zeit beobachtet, vermutlich Erdbebenschwärme eines Herdes. Dies fand besonders statt am:

22.—24. August . . .	1902	innerhalb	46	Stunden	10	Beben,
6. November	1902	„	8	„	4	„
20.—21. Januar . . .	1903	„	18	„	5	„
15.—17. Mai	1903	„	40	„	8	„
25.—27. Juni	1904	„	46	„	12	„
23. Juni	1905	„	10	„	13	„
9. Juli	1905	„	8	„	7	„
23. Juli	1905	„	13	„	5	„
9. November	1905	„	20	„	5	„
4. Dezember	1905	„	12	„	7	„
25.—26. Januar . . .	1906	„	4	„	4	„
5.—6. April	1906	„	22	„	6	„
4. Juli	1906	„	8	„	4	„

Über die Erdbeben Nordbayerns verbreitete sich Dr. Jos. Reindl.[1]) Er führt die Aufzeichnungen über die Daten der Beben in den einzelnen Bezirken an und knüpft daran Bemerkungen über die Verbreitung und die Ursachen dieser Beben. Folgendes ist daraus hervorzuheben:

1. Fichtelgebirge und Böhmerwald. v. Gümbel glaubte, daß die in diesem Gebiete während der Tertiärzeit an einzelnen Stellen erfolgten Basaltaufbrüche in nicht sehr beträchtlicher Tiefe Zerbröcklungen des Gesteines veranlaßt haben, wodurch schwach unterstützte Stollen von solcher Gleichgewichtslage entstanden, daß die geringe Beeinflussung eine Lagerungsänderung derselben bewirken konnte, wie es z. B. durch meteorologisch starke Schwankungen möglich ist. Wir können uns dieser Annahme nicht anschließen, da sie die große Ausdehnung vieler Erdbeben nicht erklärt. Die Ursache mancher Böhmerwalderdbeben

[1]) Festschrift zum 16. deutschen Geographentage in Nürnberg 1907. p. 143.

mag allerdings auf einer räumlich ziemlich beschränkten Auslösung von Spannungen beruhen, welche in der Tiefe zwischen verschiedenen Gesteinen sich vollziehen, allein für die großen erz-fichtelgebirgischen Erschütterungen reicht die Gümbelsche Erklärung nicht aus. Wir müssen hier nach andern Gründen suchen. Schon seit dem Jahre 1875 wurde das Vogtland, das Nordfichtelgebirge und das nordwestliche Böhmen in bezug auf ihre Seismizität von einer Anzahl Geologen beobachtet, so von H. Credner, Knett, Becke und Uhlig. Danach wurde festgestellt, daß die Erdbeben des fichtelgebirgisch-egerländischen Gebietes in der Regel Schwarmbeben sind, Beben, bei denen die Zahl der Stöße binnen eines zwar verhältnismäßig kurzen, aber doch mindestens mehrere Tage oder gar Wochen andauernden Zeitraumes sehr groß ist, wobei auch die Bebenstärke erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Sehr interessant ist bei diesen Erdbebenschwärmen, wie Diener nachweist, die auffallende Verteilung der Stoßpunkte auf bestimmte Zonen innerhalb des erschütterten Gebietes. Wenn die Erdbeben des westlichen Erzgebirges, führt er aus, einen tektonischen Charakter besitzen, d. h., wenn wir sie uns entstanden denken wollen durch Krustenbewegungen an Dislokationen oder Störungslinien im Baue des Felsgerüstes, so müssen wir unter den Erdbeben solcher lange andauernden Schwarmperioden gerade derartige in großer Zahl erwarten, die durch Bewegungen in der Erdkruste an derselben Störungslinie entstehen und jedesmal dieselben in der Nähe befindlichen Ortschaften erschüttern. Solche bestimmte, wohl abgegrenzte Schütterzonen sind in dem egerländisch-fichtelgebirgisch-vogtländischen Bebengebiete in der Tat vorhanden, nämlich bei Graßlitz und bei Asch. Gerade letzterer Ort ist das Zentrum einer Schütterzone, deren Gebiet sehr oft das ganze Fichtelgebirge umfaßt. Die zahlreichen, oft das ganze Fichtelgebirge durchziehenden Störungslinien (siehe v. Gümbels geolog. Karte) machen es äußerst wahrscheinlich, daß wir es hier meist nur mit tektonischen Beben zu tun haben, die eine Folge der Auslösung von Spannungszuständen der Erdkruste sind.

Selbst für das Böhmerwaldgebiet trifft v. Gümbels Hypothese in den seltensten Fällen zu. Auch dieses Gebirge durchziehen zahlreiche, zum Teile oft sehr große Spalten und Verwerfungen. Die wichtigsten hiervon sind der Bayerische und der Böhmische Pfahl, und es kann bestimmt gesagt werden, daß diesen großen Verwerfungen auch die Erdbebenstoßlinien folgen.

2. Die Riesbeben. Das Ries war früher ein Vulkan. Jene vulkanischen Katastrophen zur Tertiärzeit haben den Boden bereitet, auf dem sich der gegenwärtige seismische Zustand herausbilden konnte und mußte. Es brauchen unsere in der historischen Zeit beobachteten Beben im Ries deswegen keine vulkanischen Beben im technischen Sinne zu sein, so daß also magmatischer Auftrieb die wahre Ursache der Erschütterung wäre; es genügt vielmehr

vollkommen, anzunehmen, daß durch die vulkanischen Kraftäußerungen einer längst vergangenen Zeit ein Zustand der internen Lockerung geschaffen ward, der bis zum heutigen Tage nicht gehoben ist, und zwar unter normalen Umständen nicht in die Erscheinung tritt, sich aber bei nur irgendwie günstiger Gelegenheit sofort zu erkennen gibt. Die Riesbeben sind also „vulkanisch-tektonische", oder, um einen Ausdruck W. Brancos zu gebrauchen, „unreine tektonische Beben". „Vielleicht würde es sich empfehlen," sagt Günther, „von gemischten Beben generell zu sprechen, da es sehr wahrscheinlich auch nicht an gelegentlichen unterirdischen Einstürzen fehlt, welche durch die mit der vulkanischen Aktion notwendig verbundenen Substanzverluste bedingt sind."

Es kommt aber auch nicht selten vor, daß im Rieskessel sich Bodenbewegungen vollziehen, die in andern Gegenden ihren Herd haben: Übertragungsbeben finden im Ries gewissermaßen eine bereitwillige Resonanz. Mögen die Erdbebenwellen aus dem Süden oder aus Osten und Westen herandrängen, immer wird das uralte habituelle Stoßgebiet rasch und entschieden in die Bewegung hineingezogen. Kein schweizerisches Beben, dem nicht auch eine Beunruhigung des Riesgeländes entspräche! Relaisbeben gehören also im Ries zu keinen Seltenheiten.

Um die Art und Gattung, sowie die Stärke und Dauer der Riesbeben festzustellen, wäre es nun wünschenswert, das Ries hinfort unter dauernder seismischer Kontrolle zu halten. Hierzu ist die Begründung einer Station zweiter Ordnung notwendig, aber auch hinreichend. Denn es kann sich nicht darum handeln, mikroseismische Fernbeben mittels jener exakten Pendelapparate zu registrieren, welche uns die Neuzeit zur Verfügung gestellt hat; es genügt vielmehr ein Instrument, welches in erster Linie die lokalen Nachbeben und in zweiter Linie die mikroseismischen Fernbeben festzuhalten geeignet ist.

3. Erdbeben im übrigen Nordbayern. Während wir im Böhmerwalde und im Fichtelgebirge die tektonischen Beben vorherrschend finden, treten uns im Jura neben den tektonischen auch Einsturzbeben entgegen. Letztere vollzogen sich und vollziehen sich noch im kalkigen Plateau und seinen Höhlen, erstere sind beschränkt auf jene Quer- und Längsspalten, die den Jura durchziehen. So ist namentlich der Jurabruch im Süden eine empfindliche Erdwunde. Ulm hatte Erdbeben in den Jahren 1737, 1755, 1766, 1769, 1778, 1796, 1828, 1889; Günzburg 1769, 1883, 1889; Dillingen und Höchstädt 1787, 1889; Donauwörth 1670, 1755, 1763, 1889, 1902, 1903, 1904; Neuburg 1763, 1889; Ingolstadt 1755, 1885, 1886. Viele dieser Beben waren Relaisbeben, die eben an dieser defekten Bruchstelle leicht wahrnehmbar wurden, doch manche davon hatten auch ihren eigentlichen Herd dortselbst, so z. B. dasjenige am 22. Februar 1889. Reindl rechnet dasselbe nicht, wie

v. Gümbel, zu den Einsturzbeben, sondern hält es für ein tektonisches. Schon die große Ausdehnung (bis Ulm) bürgt hierfür.

Die Ries- und Wörnitzspalte hat wahrscheinlich im Taubertale ihre Fortsetzung. Ob aber die vielen Erschütterungen im letzten Gebiete (Rothenburg o. T. 1102, 1514, 1519, 1556, 1690, 1727, 1756, 1793, 1902; Tauberbischofsheim 1834, 1873) mit dem Riesbeben im Zusammenhange stehen, konnte bis jetzt noch nicht erwiesen werden.

Eine ebenso große, aber in der jüngsten Erdzeit weniger Erdstößen ausgesetzte Querspalte des Jura-Triasgebietes ist die Welheim-Altmühl-Mainspalte, von Neuburg a. D. bis Gemünden am Main sich erstreckend. Hier fanden Erdbeben statt zu Eichstätt 1796, zu Treuchtlingen 1886 und zu Würzburg 841, 1138, 1607, 1807, 1846, 1872, 1891. Bei den übrigen hercynischen Querspalten dieses Gebietes scheint die Erdkruste seit längerer Zeit in Stagnation getreten zu sein, wenigstens haben wir bisher trotz eifriger Nachfrage keine Belege für eine entgegengesetzte Annahme gefunden. Die Erschütterungen von Erlangen (1756) und von Nürnberg (1670, 1690, 1769, 1770) dürften auf Übertragungsbeben, dagegen die ziemlich häufigen und kräftigen Beben zu Bamberg (1138, 1348, 1544, 1584, 1690, 1835) größtenteils auf tektonische Vorgänge zurückzuführen sein.

Die meisten Erdbeben im Rhönbezirke waren die Ausläufer größerer Beben aus entferntern Erdgegenden, namentlich aber der Rheinischen Beben. Doch waren einige davon auch lokaler Natur, namentlich die von der Kissinger Gegend. Die tektonischen Störungen in diesem Gebiete hörten nach der Pliozänzeit noch nicht auf, sondern reichten herein bis in die Quartärzeit. Sollten da ihre letzten Nachwirkungen nicht in den Erderschütterungen zu suchen sein, welche dieses Gebiet verhältnismäßig sehr häufig heimgesucht haben? Ohne Zweifel sind die unterirdischen Bewegungen, welche aus der Tiefe herauf ihre Wirkungen bis an die Oberfläche erstrecken, noch immer, wenn auch schwächer als in der Tertiärzeit, in Aktivität. Reindl glaubt die sichersten Anzeichen von einer Senkung zu haben, die sich im ganzen Gebiete vollzieht.

Erdbebenherde und Herdlinien in Südwestdeutschland. Hierüber äußert sich C. Regelmann in den Jahresheften d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 63. Jahrg., 1907, dahin, daß die glücklicherweise meist leichten Erdbeben dort doch zahlreicher sind, als man gewöhnlich annimmt, und daß sie ohne Ausnahme zu den tektonischen Beben zu rechnen sind. Noch immer liegen sowohl die Gebirgskerne wie das Schollenland in Württemberg unter einem tangentialen Drucke aus Südosten und Süden: die Alpen wollen vorrücken. Ganz sachte, aber beharrlich, schreiten die Ein- und Aufbiegungswellen von den Alpen aus nach Norden und Nordwesten hin unaufhaltsam fort. Die Erdbebenerscheinungen sind nichts anderes als Äußerungen

der unter den Füßen der Bewohner stattfindenden Gebirgsbildung; allenthalben in den Muldenlinien vollziehen sich Senkungen und in den Firstlinien Aufbiegungen. Jeder Akt der Fortsetzung der Vorgänge, welche die tektonische Situation Südwestdeutschlands geschaffen haben, muß sich an der Oberfläche als Erschütterungserdbeben bekunden. Neben dem Gebirgsbaue spielt die Gesteinsbeschaffenheit eine wichtige Rolle. Die mit ihren massiven Stielen in große Tiefen der Erdkruste hinabreichenden Eruptivgesteine, Granite, Basalte und dergleichen bedrohen in hervorragendem Maße die Bodenruhe. Die Häufigkeit der Erdbeben im Kaiserstuhl wie im Ries dürften sich wegen der tief hinabgreifenden Eruptivstiele auf diese Weise ebenfalls erklären lassen. Aber die Erdbebenwarten können nur dann ihre Aufgabe voll erfüllen, wenn im ganzen Lande von jeder fühlbaren Bodenerschütterung gute Lokalbeobachtungen eingesandt würden.

Schallphänomene beim Laibacher Erdbeben im Jahre 1895. L. Pestator hat[1]) in der ersten Nacht, welche diesem Beben folgte, unter seiner Tagestätte, anscheinend aus großer Tiefe kommend merkwürdige Schallerscheinungen aufgenommen. Zunächst Geknister wie das Gewehrgeknatter einer übenden größern Truppe aus weiter Ferne. Zuerst war es wie das Fallen einzelner Schüsse, dann wie rasche Schüsse nacheinander, später wie Massenfeuer, um im Verlaufe von ein bis zwei Minuten allmählich so zu verlaufen, wie es aufgetreten ist.

Dies wiederholte sich in der ersten Nacht in Intervallen von etwa fünf bis zehn Minuten. Der Vorgang machte auf ihn den Eindruck, als müsse er von unterirdisch stattfindenden Abbröcklungen und Einstürzen herrühren. Doch war die ganze Erscheinung nur bei scharfem Hinhorchen wahrnehmbar und bei der damaligen allgemeinen nervösen Überreizung hielt er es für möglich, alles, was er zu hören glaubte, sei nur Sinnestäuschung, doch wurde das Geräusch auch von andern Personen vernommen.

Das Auftreten dieses Geräusches fand von Nacht zu Nacht seltener statt und hörte beiläufig in der achten Nacht ganz auf.

Die Erdbeben Ungarns im Jahre 1906.[2]) Nach der Bearbeitung von A. Réthly wurden in diesem Jahre in Ungarn in 75 Fällen, an 73 Tagen Erdbeben mit elf verschiedenen Epizentren wahrgenommen. (Am 10. Februar sogar an zwei Orten.) Die größte Bebetätigkeit entfaltete sich am 10. Januar mit dem Epizentrum in Jókeö, wo an 63 Tagen Bebeerscheinungen wahrgenommen wurden.

Die Epizentren verteilen sich nach Ort und Zeit unter Zugrundelegung der Gebirgssysteme nach Dr. v. Lóczy folgendermaßen:

[1]) Erdbebenwarte 1907. p. 85.

[2]) Die Erdbeben in Ungarn 1906. Offizielle Publik. d. K. Reichsanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus. Budapest 1907.

Gruppe oder Gegend	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
I. Karpathen:													
1. Nordwest	10, 15, 16, 17, 19, 20	4, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28	1, 2, 3, 8, 9, 13, 16, 25, 31	1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 20, 22, 23, 24, 25	10, 12, 15, 31	1, 2, 5, 7, 20	5	8, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 25	6, 11	—	—	—	64
2. Zentral	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	1
3. Nordost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Ost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. Süd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II. Ung. Mittelgebirge	—	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	1
III. Bihargebirge	—	—	—	29	—	23	—	—	—	—	—	—	2
IV. Krassó-Szörény Gb.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V. Südw. Inselgebirge	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI. Alpenausläufer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	1
VII. Dinarer Alpen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII. Ungarische Alpen	2	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
IX. Erdélyer Becken	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X. Gr. Ung. Tiefebene	—	—	—	—	—	—	25	12	—	—	—	—	2
XI. Kl. Ung. Tiefebene	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XII. Meeresufer	—	—	—	20	—	—	6	—	—	—	—	—	2
Zusammen Tage:	7	15	9	17	4	6	3	10	2	1	0	1	75

Stärkegruppierung der Erdbeben:

IX°	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
VIII°	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
VII°	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
VI°	—	—	1	3	—	—	—	1	—	—	—	—	5
V°	—	3	5	3	1	1	2	1	—	—	—	—	16
IV°	1	4	3	6	2	3	—	2	1	—	—	—	22
III—IV°	3	6	—	4	—	2	1	1	—	1	—	1	19
Getöse	—	2	—	—	1	—	—	5	1	—	—	—	9

Die stärksten waren die Erdbeben IX. Grades zu Jókeö am 10. und 16. Januar. An dritter Stelle folgt jenes von Muraköz am 2. Januar, an vierter das im Biharer Gebirge (VII°).

Im Durchschnitte herrscht der Monat Januar vor, mit Rücksicht aber auf die sehr zahlreichen Nachbeben zu Jókeö im Januar, die als durch das Hauptbeben vom 10. Januar ausgelöst zu betrachten sind, gebührt dem Januar in jeder Hinsicht die erste Stelle.

Beim Verteilen der Häufigkeit auf die Jahreszeiten ergeben sich mit und ohne Ausschaltung der Nachbeben:

	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
Gesamterscheinungen	22	30	20	3
Ohne Nachbeben . .	6	2	5	1

Die 75 Beben treten in 110 Stößen zutage, deren Verteilung auf die Tageszeiten ist:

0h —6h	6h —12h	12h —18h	18h —24h
46	20	14	30

Das westungarische Erdbeben von Jókeö am 10. Januar 1906. Hierüber macht A. Réthly interessante Mitteilungen.[1]) Das Epizentrum war Jókeö; die Grenze des Schüttergebietes bilden Kapuvár, Ersekujvár, Körmöcbánya, Trencsén in Ungarn und in Österreich Ybbs a. D. Die Heftigkeit der Erschütterung auf der Hauptschütterzone, wo an vielen Orten Häuser einstürzten oder unbewohnbar wurden, betrug nach der Skala Forel-Mercalli IX°. Dieses Erdbeben ist schon aus dem Grunde bemerkenswert, weil es in einer Gegend auftrat, die bisher von Erdbeben ziemlich verschont blieb. Am 10. Januar 1906 und in schwächerer Wiederholung am 16. Januar fand ein so heftiges Beben statt, daß südwestlich von Jókeö 80 bis 200 *cm* tiefe Risse im Boden entstanden, deren längster 33 *m* betrug.

Die ganze abgerutschte Erdfläche ist halbkreisförmig, 56 *m* lang und 43 *m* breit und von Rissen, Sprüngen und Löchern durchsetzt. Obenauf liegt Humus, unten eine Sandschicht; das durch das Erdbeben veränderte Gelände liegt an einer welligen Berglehne.

A. Fixek, Notar in Jókeö, der sich um die Beobachtung der Einzelheiten des Erdbebens sehr verdient machte, teilt folgendes über eine Beobachtung mit, die an der Dynamo der dortigen chemischen Fabrik gemacht wurde. Man bemerkte, daß während der Dauer des Bebens, welches besonders lange währte, die elektrischen Lampen versagten, als wäre die ganze elektrische Energie der Dynamo entzogen worden. Solches Versagen tritt auch bei normalem Betriebe ein, wenn durch anderweitige Kraftabgabe die Dynamo überlastet wird.

[1]) Erdbebenwarte 7. p. 36.

An jenem Tage während des Erdbebens wurde die Dynamo gar nicht anderweitig in Anspruch genommen, und dennoch versagten die Lampen. Der Transmissionsriemen an der Maschine schlug zusammen, was gleichfalls nur bei Überlastung zu geschehen pflegt. Hieraus wird es wahrscheinlich, daß die elektrische Energie durch das Erdbeben irgendwie entzogen wurde. Beim Beben am 16. Januar wurde dieselbe Beobachtung gemacht; da das Beben wohl heftig, aber von sehr kurzer Dauer war, trat die Erscheinung nicht so klar zutage. Bei schwachem Beben beobachtete man diese Erscheinung nicht.

In der ungarischen meteorologischen Zeitschrift „Az Idöjárás" 1906 schreibt v. Büky über das Verhalten der magnetischen Elemente am 10. Januar folgendes: „Als bemerkenswerte Beobachtung erscheint es uns, daß an den magnetischen Kurven, beiläufig eine Stunde vor dem Erdbeben, eine starke, plötzliche Unregelmäßigkeit auftrat. Wir behaupten nicht, daß es eine vorlaufende magnetische Wirkung des Erdbebens sei, die Möglichkeit ist aber nicht von der Hand zu weisen, daß Erdbeben und magnetische Störung von derselben Ursache herrühren."

Erwähnenswert ist noch, daß außer am 10. Januar (nachts $12^h\ 06^m$ M E Z.) in Jókeö noch an 63 Tagen Erschütterungen beobachtet wurden, und zwar Stöße und unterirdisches Getöse. Die Gesamtzahl der beobachteten Erscheinungen beträgt 99. Davon entfallen auf den 16. Januar sechs, 25. Februar vier, 7. April fünf, 9. April abermals vier stärkere Stöße. Von da an verminderte sich die Bebentätigkeit, so daß man am 11. September das letzte beobachtete Beben verzeichnete. Intensität und Häufigkeit der Beben nahmen ab.

Aus den Intensitätsangaben berechneten Em. v. Jánosy und Zoltán v. Vargha mit Hilfe der von Kövesligethy aufgestellten Cancanischen Gleichungen die Herdtiefe des Erdbebens von Jókeö und fanden dafür den Wert von ungefähr 10 *km*. Der Absorptionskoeffizient berechnete sich auf 0.13 bis 0.04 pro Kilometer.

Für das Erdbeben vom 16. fand Verfasser als Herdtiefe 0, oder besser eine verhältnismäßig so geringe Tiefe, daß dieselbe gleich 0 zu setzen gestattet ist, für den Absorptionskoeffizienten den Wert von 0.052 pro Kilometer.

Erdbeben in Serbien 1905. Prof. J. Michailovitsch von der Universität in Belgrad teilt hierüber folgendes mit.[1]) Im Jahre 1905 wurden in Serbien an 55 Tagen 177 Erdbeben festgestellt. Die Verteilung dieser Beben auf die einzelnen Monate ist aus folgender Übersicht zu ersehen:

[1]) Erdbebenwarte 1907. p. 45.

Monat	Erdbebentage	Erdbeben
Januar	18	82
Februar	6	7
März	5	5
April	1	3
Mai	4	6
Juni	2	7
Juli	4	18
August	3	10
September	2	5
Oktober	1	10
November	9	24
Dezember	—	—
	Jahr 55	177

Das kalabrische Erdbeben am 8. September 1905 bildete den Gegenstand einer Studie von G. Mercalli.[1]) Hiernach gingen demselben zwei schwache Stöße im Basilikatagebiete zwischen dem 3. und 8. September vorauf, ferner eine etwas verstärkte Tätigkeit des Stromboli, sowie eine schwache Erschütterung in Westkalabrien am 29. August. Auch erhöhte sich der Schwefelwasserstoffgehalt der heißen Quellen von Sambiase (Nicastro). Eine schwache Erderschütterung machte sich fernerhin in dem ganzen betroffenen Gebiete etwa eine Stunde vor dem großen Erdbeben bemerkbar. Dieses Gebiet hat eine Länge von ungefähr 100 *km* und eine Breite von etwa 40 *km*. Es wird durch eine schmale Zone, in der das Erdbeben nicht den Grad eines „verheerenden" erreichte, in zwei Teile geschieden, die ziemlich gleichzeitig betroffen wurden.

Das gesamte Gebiet, in dem man das Erdbeben fühlte, umfaßt ganz Süditalien südlich von Sena Arunca. Es erscheint in Form einer Ellipse, deren Hauptradius in N—S-Richtung liegt. Das Epizentrum dieses Bebens muß sehr tief gelegen sein, denn seismographisch wurde es gespürt in ganz Europa, auf den Philippinen, in Japan, Toronto (Kanada) und am Kap der guten Hoffnung.

Die Haupterschütterung war eine sehr lange, sie währte zum mindesten 40 Sekunden und gliederte sich in drei Phasen stärkster Erschütterung. Die zweite davon war die längste und die am ausgesprochensten wellenförmige, aber die stärkste war die dritte. Während derselben trat auch ein plötzlicher Wechsel der Richtung ein, so daß eine Art Wirbelbewegung entstand, die die Hauptursache des Häusereinsturzes ward. In der ersten Phase überwog die Vertikalkomponente.

Alle diese Erscheinungen finden ihre Erklärung darin, daß die Erdbebenwellen eine Reflexion erlitten an der mächtigen Formation kristalliner Gesteine, die in diesem Gebiete zutage tritt, und daß das Epizentrum im Laufe des Bebens sich verschob.

---

[1]) Compt. rend. 1907. **144**. p. 110. — Naturw. Rundsch. 1907. Nr. 18.

Die größten Schäden entstanden in den Ortschaften, die an den Berghängen oder auf einzelnen isolierten und wenig hohen Geländekuppen liegen, sowie in denen, die auf den pliozänen Sanden, der miozänen Molasse und auf den alluvialen Böden und Schutthängen erbaut sind, kurz überall auf natürlich oder künstlich bewegtem Terrain oder da, wo die kristallinen Gesteine bis zu großer Tiefe verwittert sind. Am heftigsten war im übrigen die Gewalt des Erdbebens in der Zone der Berührung der kristallinen und der tertiären, bzw. quartären Bildungen.

Die beiden Epizentren lagen einmal im Gebiete von Monteleone und zum andern südöstlich des Tales von Crati. Dafür, daß zwei Epizentren vorhanden waren, spricht auch der Umstand, daß ein Teil der spätern Nachbeben teils nur hier, teils nur dort gespürt wurde.

Wie auch bei den frühern Beben, erfolgte die Erderschütterung in der Richtung von Kalabrien nach den äolischen Vulkanen hin; es ist also ausgeschlossen, daß der Stromboli die Ursache des Bebens gewesen ist. Gleichwohl hat auch dieser Vulkan, kurz vor und kurz nach dem Beben eine erhöhte Tätigkeit gezeigt, und auch der Vesuv hatte am Morgen des 8. September reichlichere Lavaergüsse.

Das Meer war ruhig und ebenso die Luft; infolge des Bebens trat aber an der ganzen mittlern kalabrischen Küste eine Flutwelle auf bis zu 1,30 *m* Höhe über das normale Niveau. Dieselbe war bis Ischia hin zu verspüren.

Andere Wirkungen waren eine erhöhte Tätigkeit einzelner kleiner Schlammvulkane, ein vermehrter Ausfluß der Thermen von Sambiase und eine Erhöhung ihrer Temperatur, lokale Spaltenbildungen im Boden unter Austritt von Wasser oder Schlamm, sowie ein Übertreten von Quellen und Brunnen. Nur in einzelnen Fällen hingegen trat eine Verminderung des Wassers oder ein Verschwinden desselben ein. Im allgemeinen waren aber alle diese Erscheinungen nur von kurzer Dauer.

Das Erdbeben von Accra in Togo am 20. November 1906 ist von Dr. Koert beschrieben worden.[1]) Es begann gegen 9 Uhr abends mit einem heftigen Stoße, dem während mehrerer Tage andere in geringerer Stärke folgten. Im Westen von Togo war die Bebenwirkung im Binnenlande auffallend stärker als an der Küste. Die größte Intensität scheint das Beben in Ho erreicht zu haben, also an dem Accra verhältnismäßig am nächsten gelegenen Beobachtungsort, dessen Untergrund ebenfalls felsig ist. Das Beben äußerte sich dort in einem zweimaligen starken Erzittern des Bodens und war mit starkem Donner und brausendem Geräusche verbunden.

[1]) Amtsblatt für Togo 1907. Nr. 5. — Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde Berlin 1907. Nr. 8. p. 557.

Jenseits des Togogebirges wurde das Beben noch deutlich auf der Missionsstation Akpafu wahrgenommen.

Merklich schwächer waren die Äußerungen des Erdbebens im Osten von Togo. In Anecho wurde dasselbe nur von einzelnen Personen als leichte Erschütterung gespürt, in Tokpli am Monu erzitterte das Stationsgebäude, und Teller und Gläser klirrten. In Atakpame ist ebenfalls ein Beben von kurzer Dauer wahrgenommen worden, dagegen ist im Sokodébezirk und in Mangu keine Spur eines Bebens bemerkt worden.

Das Erdbeben von Accra ist also über einen Küstenstreifen von mindestens 350 *km* Länge, zwischen Sekondi und Anecho, und von etwa 200 *km* Breite beobachtet. Die Erscheinung gehört unzweifelhaft zu den tektonischen Beben, d. h. solchen, die durch Verschiebungen der Erdkruste zustande kommen.

Das Erdbeben von Charleston am 31. August 1886 ist bereits früher von E. Harboe vom Standpunkte des von ihm aufgestellten Prinzips der Herdlinien kurz betrachtet worden.[1]) Er kommt nunmehr auf dieses Erdbeben zurück[2]), um zu ermitteln, was dies anscheinend recht komplizierte Herdliniennetz über die in der Erde vorgegangenen Bewegungen lehrt. Das Ergebnis ist folgendes:

„Nach dem Gesamtbilde der Herdlinien im Vereine mit einzelnen andern Verhältnissen, wie den Resultaten der Untersuchungen W. Tuttles über Schwankungen des Meeresspiegels in der Nähe von New-York und den wohlbekannten, von einer stattfindenden Senkung zeugenden Verhältnissen im sogenannten „Sink Country" um den Mississippi, ist das Erdbeben als ein Senkungsbeben zu betrachten. Eine Senkung hat sich rings um Charleston ausgebreitet, mit dieser Stadt oder deren nächsten Umgebung zum Zentrum, und sich bis ganz an das Alleghenygebirge wie auch um das S-Ende desselben erstreckend."

„Das Herdliniennetz zeugt von dem Funktionieren einer fortlaufenden Reihe von Senkungsfeldern, von denen doch nur das um Charleston von hervorragender Bedeutung ist, welche von den Gegenden S von New-York sich erst gegen SW und dann gegen W, N und NE um das Alleghenygebirge bis zu den Gegenden um das S-Ende des Champlainsees oder N von New-York ausdehnte. Daß die Lokalbeben als Relaisbeben durch die vom Hauptbeben ausgegangenen Erschütterungen erzeugt sein sollten, scheint nicht wohl mit den ziemlich großen Zeitdifferenzen für das Entstehen der Beben übereinstimmen zu können, vielleicht das erste Lokalbeben ausgenommen, wenn dieses nicht vielleicht schon vor dem Hauptbeben eingeleitet sein sollte, was die Zeitangabe vermuten läßt. Auch

[1]) Dieses Jahrbuch **12**. p. 244.
[2]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1907. **9**. p. 105.

scheinen die Beben nicht durch eine Hebung des Alleghenygebirges veranlaßt sein zu können, obwohl die Wahrscheinlichkeit einer kleinern derartigen Hebung sich kaum ganz ausschließen läßt. Die allmähliche Verlängerung der Herdlinien vom einen Senkungsfelde bis zum andern dürfte dagegen davon zeugen, daß die Lokalbeben hauptsächlich durch Gleichgewichtsstörungen, die das Hauptbeben in den Massen der Erdrinde verursacht hat, erzeugt sind."

„Es ist wohl selbstverständlich," fährt Harboe fort, „daß die durch Erdbeben entstehenden Brüche in der Erdrinde vorzugsweise mit denjenigen Linien zusammenfallen, längs welchen die Erdrinde am schwächsten ist, und hierzu müssen die ältern, noch nicht ganz geheilten Bruchflächen gerechnet werden. Man kann sich selbst sagen, daß sich in allen Ländern unzählige solche Bruchflächen finden müssen, in mehrere oder wenigere Systeme eingeordnet, indem die betreffenden Bruchflächen in jedem derselben gegenseitig parallel oder fast parallel sind. Einige dieser Bruchflächen können größere oder kleinere Verwerfungen bilden, während die weit überwiegende Mehrzahl derselben nur „joints" bilden. Einige der Bruchflächen können in der Erdoberfläche mehr oder weniger stark hervortreten, und besonders längs solchen werden eventuelle Erdbebenwellen besonders fühlbar werden, weil sie hier bei gleichzeitiger Verminderung ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit stark an Intensität gewinnen. Daß eben diese Bruchflächen in ihren tiefern Teilen noch so weit von dem zusammengewachsenen oder geheilten Zustande wären, daß sie eigentliche Schwächungslinien bilden sollten, die eventuelle, neue Brüche fördern könnten, dürfte keineswegs sicher sein. Die beiden Umstände brauchen gar nicht in gegenseitiger Beziehung zu stehen. Außerdem kann man wohl sagen, daß die Bruchflächen so gut wie niemals ganz senkrecht sind, sondern gewöhnlich einen größern oder kleinern Winkel zur Lotlinie bilden. Endlich ist noch zu bemerken, daß die Bildung neuer Bruchflächen in der Erdrinde keineswegs den frühern, geologischen Zeiten vorbehalten sein kann, sondern daß solche auch in der Gegenwart entstehen müssen, und ferner noch, daß wahrscheinlich gerade die höhern Teile der Gebirge besonders von Bruchflächen durchquert werden, während sie trotz dieses Umstandes doch als verhältnismäßig besonders stabil hervortreten, was darlegt, daß sie verstärkte Teile der Erdrinde sind.

Das Resultat dieser kurzen Entwicklung ist, daß die durch, die Erdbeben der Gegenwart in der Erdrinde entstehenden Bruchlinien, mithin die Herdlinien der Erdbeben, wohl geneigt sein dürften, kürzere oder längere Strecken hindurch parallel zu ältern, bereits vorhandenen Bruchliniensystemen zu verlaufen, daß sie jedoch keineswegs immer dazu gezwungen sind, und daß es keineswegs begründet ist, sie, wie Hobbs und Montessus de Bellore es wollen, eben in denjenigen ältern Bruchlinien zu suchen, in welchen die

Intensität an einzelnen Stellen am stärksten hervorgetreten ist, das heißt in den von Hobbs erwähnten ‚seismotektonischen Linien'."

Das Erdbeben von Jamaika am 14. Januar 1907. An diesem Tage wurde die genannte Insel und besonders die Stadt Kingston von einem heftigen Erdbeben heimgesucht. Die Verheerungen, welche direkt durch die Bodenerschütterungen verursacht waren, wurden, ähnlich wie in San Franzisco und Valparaiso, durch ausbrechende Feuersbrünste sehr wesentlich vergrößert. Über Einzelheiten in dieser Beziehung haben die Tagesblätter ausführliche, wenngleich teilweise einander widersprechende Berichte gebracht. Auch über die Veränderungen der Küste bei Kingston und der Tiefe des Hafens sind zuverlässige Mitteilungen zurzeit noch nicht vorhanden, doch scheint so viel sicher, daß Veränderungen dieser Art wirklich stattgefunden haben. Jamaika ist seit jeher wegen der dort bisweilen stattfindenden Erdbeben berüchtigt; auch wurde das heutige Kingston erst zur Hauptstadt der Insel erhoben, nachdem die frühere Hauptstadt Port Royal im Juli 1692 von einem Erdbeben zerstört worden war.

Das damalige Erdbeben scheint übrigens erheblich heftiger gewesen zu sein als das jüngste. Nach Mitteilungen von Augenzeugen, welche jene Katastrophe miterlebt haben, wurden die Menschen durch die Wucht der Stöße vertikal emporgeschleudert; der Erdboden bewegte sich wie die Oberfläche der rollenden See, geriet ins Wogen, und es öffneten sich plötzlich Tausende von Spalten, in welche die Menschen hineinstürzten oder bis zur Brust stecken blieben, aus welchen Männer und Frauen nur mit dem Kopfe herausragten. Bei der nächsten Erdbebenwelle wurden sie zerquetscht, zermalmt.

Das Meer wälzte sich über das Land. Die Fregatte „Swan", die behufs Reparatur im Hafen verankert war, wurde losgerissen, über Gassen und Häuser gehoben, bis sie auf ein Dach niederstürzte und mit dem Hause zusammenbrach. Port Royal, das mehr Häuser zählte als alle andern Orte auf Jamaika zusammen, sank größtenteils, mit drei Vierteln der Bevölkerung, ins Wasser, das 24 bis 48 *m* hoch stieg. In der Nähe von Port Royal versank binnen einer Minute ein Landstück von mehr als tausend Joch; es entstand sofort ein See. Die Häuser gerieten ins Wanken, so daß die Hauptstraße plötzlich auf das Doppelte verbreitert wurde.

Hervorragende Geologen führten die Katastrophe darauf zurück, daß der größte Teil der Stadt auf neu angeschwemmtem Boden und auf Piloten gebaut war; der lose Sand bot keine Stütze gegen die heftigen Erdstöße. Der englische Admiral Hamilton berichtete, daß er im Jahre 1780 die gesunkenen Häuser auf dem Meeresboden gesehen habe; ebenso ein anderer Marineoffizier im Jahre 1793. In den Jahren 1824 und 1835 haben Seeleute, welche Sondierungen vornahmen, noch Häuser in der Tiefe des Wassers gesehen.

Auch im Norden der Insel, welche diesmal ganz verschont geblieben zu sein scheint, richtete das Erdbeben große Verwüstungen an. Plantagen wurden samt den Bewohnern vom Wasser verschlungen; als die Fluten sanken, blieben nur Sand und Schotter zurück. Eine Pflanzung wurde 700 *m* talabwärts getrieben; auf dem neuen Standorte wuchs die Ernte fort. Flußmündungen wurden durch Erdmassen verstopft; erst nach neun bis zwölf Tagen bahnten sich die Flüsse neue Wege und schleppten Unmassen von Holzstämmen ins Meer, welche entrindet und der Zweige beraubt waren.

Furchtbar war der Anblick der Hügel und Berge, von denen die ganze reiche Pflanzendecke mit dem Humus abrutschte und verschwand, so daß das nackte Kalkgebirge bloßlag. Das war 1692.

Bei dem jüngsten Erdbeben am 14. Januar 1907 sollen die Erschütterungen 36 Sekunden gedauert haben. Die Stadt schwankte wie ein Schiff auf bewegtem Meere; Gebäude stürzten ein, und Staubwolken hüllten die Stadt in Halbdunkel. Die Einwohner flüchteten schreiend und zum Teile mit blutenden Wunden bedeckt, aus den Häusern. Als die Staubwolken sich verzogen, stiegen schwarze Rauchwolken auf, dann schossen Feuergarben empor, und in einer halben Stunde brannte das ganze Geschäftsviertel.

Der Mittelpunkt der Erderschütterung befand sich nach Berichten aus Jamaika, die freilich nicht von Fachmännern herrühren, in Kingston, während die Umgebung nach den Bergen zu weniger in Mitleidenschaft gezogen wurde. Ein Automobilfahrer fand seinen Weg durch eine klaffende Erdspalte getrennt. Dagegen konnte der Insasse eines Landhauses, drei Meilen von der Stadt, nachdem er sich überzeugt hatte, daß sein Holzhaus keinen Schaden litt, von seiner Veranda aus mit der Uhr in der Hand das Schauspiel des Erdbebens beobachten. Die Dauer des Bebens gibt er im Gegensatze zu frühern Berichten auf 18 bis 20 Sekunden an. Er sah das Wanken der Gebäude, die schnell in eine Staubwolke gehüllt wurden, bis aus dieser die Flammen der beginnenden Feuersbrunst hervorschossen. Zu gleicher Zeit sah er vom Meere eine Flutwelle heranstürmen, die sich über den Hafenkai ergoß. Die Stadt selbst bildete nach Ablauf des Bebens ein ungeheueres Trümmermeer. Holzhäuser und solche, die ein Stahlgerippe besaßen, widerstanden besser als die Fachwerkbauten, deren Steine aus dem Geäder des Fachwerkes herausfielen und deren Gebälk zersplitterte. Alles, was sich in den Gebäuden befand, wurde von den Trümmern verletzt und suchte schleunigst das Freie zu gewinnen. Natürlich kamen die Gebäude, in denen sich gerade viele Menschen befanden, am übelsten davon, so die Ladengeschäfte, die um diese Zeit, zwischen 3 und 4 Uhr nachmittags, ziemlich belebt waren, ebenso verschiedene Schulen. Im Militärhospital fanden 46 Menschen ihren Tod, während es nur einem Offizier und zwei Zivilpersonen gelang, sich zu retten. Diejenigen Verschütteten, die sich hinauszuschleppen vermochten, begegneten draußen neuen

Gefahren in Gestalt von Drähten der Straßenbahnen, denn die elektrische Kraftquelle versagte den Dienst nicht, und bei der allgemeinen Kopflosigkeit dachte niemand daran, sie abzustellen. Die Feuersbrunst brach gleich nach dem Beginne des Bebens in dem Postgebäude aus und verbreitete sich blitzschnell. Nur dem durch die Hitze veränderten Windzuge ist es zuzuschreiben, daß nicht die ganze Stadt verbrannte. Der Südteil südlich von Northstreet wurde so völlig eingeäschert, daß nachher die frühern Straßenzüge nicht mehr zu erkennen waren. Es sah aus, sagt ein Augenzeuge, als ob der Wagen des indischen Gottes Dschaggernaut die ganze Stadt niedergewalzt hätte.

Prof. Belar, der Vorsteher der Erdbebenwarte in Laibach, äußerte sich über die Katastrophe wie folgt[1]): „Die erste Meldung der Kingstonkatastrophe brachten die Erdwellen, welche den kürzesten Weg durch die Erde hindurch nach Laibach eingeschlagen hatten. Um unsere Warte zu erreichen, benötigten sie ungefähr 700 Sekunden = 11 Minuten 40 Sekunden, und die Weglänge, die sie durchlaufen mußten, gemessen nach der Sehne des größten Kreises der Erde, beträgt etwas mehr als 7000 *km*. Das sind dieselben Stoßgruppen, welche über dem Herde die Vernichtung angerichtet haben. Nun aber hat die wogende Erdoberfläche von diesem Gebiete über die ganze Erdoberfläche hinweg ihre Wellen gezogen. Es sind ganz ähnliche Bewegungen, allerdings viel subtiler, als wir sie auf der Wasseroberfläche zu sehen gewohnt sind, wenn wir durch einen Steinwurf die Gleichgewichtsverhältnisse der leichtbeweglichen Wasserteilchen stören. Auf der Oberfläche entwickeln sich dann die Wellen. Die Wellenberge zeichnen sich an der Herdstelle durch eine beträchtliche Höhe aus; je weiter sie sich jedoch vom Herde entfernen, desto mehr verflachen sie, und aus der auf und ab gehenden Bewegung der Bodenteilchen wird schließlich — man könnte sagen — eine hin und her schiebende Bewegung, welche, wenn die Intensität an der Herdstelle groß genug ist, an allen Punkten der Erde unsere Apparate zum Ansprechen bringt. Während am Herde selbst bei Erdbebenbeobachtungen die einzelnen Stoßgruppen, bestehend aus zweierlei Wellensystemen, noch vollkommen ineinandergeschachtelt sind, beginnen sich schon auf Entfernungen von einigen hundert Kilometern die Wellensysteme zu trennen. Der Grund ist darin zu suchen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten dieser beiden Wellensysteme verschieden groß sind, ähnlich etwa wie zwei parallel laufende Züge mit verschiedener Geschwindigkeit desto größern Abstand voneinander gewinnen, je länger sie ihre Fahrt fortsetzen. Auf die mit rasender Geschwindigkeit dahineilenden Erdwellen folgt eine Stoßreihe von rasch sich fortbewegenden Oberflächenwellen als Echo aller Erdstöße, welche im weitern Umkreise des

[1]) Neueste Erdbebennachrichten **6**. Nr. 3. N. F.

Hauptschüttergebietes ausgelöst wurden, das Bild des Bebens wiederholend. Nach diesen kommen dann die Oberflächenwellen aus der Hauptschütterzone mit der größten Intensität an den verschiedenen Warten an. Diese sich dreimal wiederholenden Bebenbilder könnte man am besten vergleichen mit gleichlautenden Tonfolgen auf einem Klavier. Man denke sich in der höchsten Oktave etwa einen Dreiklang recht zart angeschlagen, und gleich darauf wiederhole man immer kräftiger diesen Dreiklang auf der nächsten Oktave und so fort, so hat man ein ganz gutes Bild, in welcher Ordnung die Wellensysteme auf unsere Apparate einspielen."

„Vergleicht man die Bebenbilder von Valparaiso und San Franzisco, welche 12 000 *km*, bzw. 10 000 *km* von uns entfernt sind, mit jenen von Kingston, so fällt es zunächst auf, daß dieses jüngste Beben, obwohl nur 8000 *km* von uns entfernt, ungemein schwache Spuren auf den Instrumenten in Europa zurückgelassen hat. Vergleicht man anderseits die Nachrichten über die Wirkungen aus Kingston, die die Katastrophe nicht schwächer als an jenen beiden früher genannten Orten erkennen lassen, so ergibt sich dafür als einzig mögliche Erklärung, daß der Herd des jüngsten Bebens bedeutend seichter war als bei den andern Weltkatastrophen, daß also bei der Kingstonkatastrophe keine umfangreichern Erdrindenstücke in Bewegung geraten sind. Die Erfahrung lehrt, daß, je tiefer der Herd eines Bebens, desto ausgedehnter das Zerstörungsgebiet auf der Oberfläche und desto nachhaltiger die Wirkung auf die gesamte Erdrinde ist. Unsere Annahme findet auch Bestätigung durch die Nachrichten über den jüngsten Bebenherd, denn man darf aus den bisherigen Berichten schließen, daß nur ein verhältnismäßig kleines Landgebiet der Zerstörung ausgesetzt war. Auch der Umstand, daß große Niveauveränderungen im Gelände des Hauptschüttergebietes aufgetreten sind, die noch fortdauern sollen, deuten darauf hin, daß die Schichtenstörung bei Kingston keineswegs in sehr bedeutender Tiefe stattgefunden hat."

Das Erdbeben von San Jacinto (am 25. Dezember 1899) in Südkalifornien. Nach den frühern Angaben von E. W. Claypole wurde der Hauptstoß den ganzen südlichen Abhang des Sierra Madregebirges entlang um 4 Uhr 25 Minuten vormittags am 25. Dezember 1899 wahrgenommen; seine Dauer wurde auf 30 Sekunden bis 1 Minute geschätzt. Das Erdbeben wurde bis auf eine Entfernung von 150 englische Meilen landeinwärts beobachtet; die entfernteste Stelle war Needles am Colorado River, wo die Erschütterung in NO—SW-Richtung sich um 4 Uhr 35 Minuten vormittags einstellte. Nachbeben wurden binnen der nächstfolgenden zehn Tage bemerkt. In Banning im San Gorgoniopasse wurde die katholische Schule leicht beschädigt. Vom Nebengipfel des San Jacintogebirges, Red Tahquitz genannt, stieg eine Staub- oder Rauchsäule empor, die sich vielleicht beim Herab-

stürzen irgendwelcher Felspartien gebildet hat. In der Stadt San Jacinto litten besonders die Nord- und Südwände der Häuser; die große Verheerung, welche das Erdbeben hier anstiftete, scheint jedoch hauptsächlich durch die leichte Bauart der Gebäude verursacht gewesen zu sein. Die Erdbebenwelle war eher kurz und hoch als lang und niedrig mit kleiner Amplitude. Das sind kurzgefaßt die einzigen Nachrichten, welche Claypole über die Verbreitung und Wirkungen des Erdbebens gesammelt hat, obgleich er San Jacinto selbst bald nach der Katastrophe besucht hatte.

Dr. Jiří V. Daneš benutzte 1906 einen sechswöchentlichen Aufenthalt in der Gebirgsgruppe San Jacinto Mountains, um weitere Nachrichten über das Erdbeben zu gewinnen. Hiernach hat dasselbe im Terrain dort eine sehr deutliche Spur hinterlassen, und zwar in dem Schuttrücken, welcher zwischen der mittlern Partie des San Jacintoflußtales und dem Tale des Bautiste Creek sich erhebt. Vom Bautiste Creek führte ein Pfad über diesen Rücken nach Südosten zu, und gerade dieser Pfad wurde an der Stelle, wo er die Wasserscheide zwischen beiden Tälern kreuzt, von einem Einsturzgraben unterbrochen, welcher in der Richtung NW—SO durchläuft und auf eine Entfernung von etwa zwei englischen Meilen sich verfolgen läßt.

Der Einsturzgraben liegt auf der östlichen Seite der Wasserscheide, jedoch so parallel mit derselben, daß bis jetzt nur ein kleiner Teil derselben von der zurückgreifenden Erosion der Torrents, welche nach starken Regengüssen dem San Jacintoflusse zufließen, angegriffen wurde. Seine Breite und Höhe wechseln stark. Der höhere Westabhang ist 15—20 *m*, stellenweise sogar 40 *m* hoch; der Ostabhang, wo er von der Erosion noch nicht vernichtet worden ist, 5 bis 15 *m*. Die Breite bewegt sich zwischen 5 bis 10 *m*, stellenweise jedoch weitet sich der Graben zu dolinenähnlichen Kesseln („Sinks") mit flachem Boden, deren Durchmesser 16 bis 20 *m* beträgt. Nur an der Stelle, wo der Pfad unterbrochen ist, befindet sich ein großer „Sink" eingestürzt von etwa 60 *m* im Durchschnitte. Das herabgestürzte Schuttmaterial mit Sagebrushgebüsch bedeckt den Boden des Grabens oder liegt als Schutthalde unter dem schroffen, kahlen Westabhange. Das Erdreich über dem Abhange ist stark zerklüftet, und so wie die Wurzeln der Gebüsche nachgeben, bekommen die Schutthalden frischen Zuwachs.

Claypole sucht den Erdbebenherd weiter westlich unter dem Meeresgrunde und hält dafür, daß die Erdbebenwelle am Übergange aus dem Schutterrain auf den Felsenboden des San Jacintogebirges, da sich hier die Schnelligkeit ihrer Fortpflanzung plötzlich ändert, besonders stark geäußert hat.

Dem Verfasser scheint jedoch viel natürlicher zu sein, das Epizentrum in der am stärksten betroffenen Gegend von San Jacinto selbst zu suchen. Dafür, daß dieses Erdbeben auch tektonischen Ursprungs war, zeugt der Umstand, daß die Ortschaften, welche an

den sich kreuzenden Verwerfungslinien liegen, am stärksten gelitten haben.

Im nördlichen Teile des San Jacintotales hat er zwar keine sichern Spuren des Erdbebens feststellen können, doch scheint ihm, daß der Erdbebenherd an der Dislokationslinie, welche zwischen der nach Nordwesten vorgeschobenen Granitinsel von Mount Eden und den derselben im Westen vorliegenden Schütthügeln sowie weiter nordwestlich zwischen den östlichsten Granithügeln in Box Springs Ridges und den Bad Lands durchzieht, sich befindet.

Der Verlauf der charakteristischen Erdbebenspalte, längs welcher manche ältere sowie das neueste große Erdbeben von San Francisco zustande gekommen sind, ist bisher nicht in diesen Teil von Südkalifornien verfolgt worden.

In dem vorläufigen Berichte über ihre Arbeiten hat die vom Staatsgouverneur Kaliforniens ernannte Kommission den Verlauf dieser Dislokation bis in die Gebirgsgruppe Mount Pinos in Ventura County angegeben. H. W. Fairbanks und T. C. Wright, Mitarbeiter der genannten Kommission, haben die Spalte dann weiter auf der Nordseite des Sierra Madregebirges bis zum Cajonpaß festgestellt, von hier soll sie in die südliche Fußgegend des Gebirges übergehen, den Schuttkegel des Santa Annaflusses durchschneiden und sich weiter durch den San Gorgoniopaß am Fuße des nördlichen Randgebirges in die Coloradowüste fortsetzen.

Dr. Daneš glaubt, daß die oben erwähnten von NW nach SO verlaufenden Verwerfungslinien mit der von der Erdbebenkommission beschriebenen zusammenhängen, und es erübrigt nun festzustellen, wo die Abzweigung beginnt.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1906 in Kolumbien. Im vorjährigen Jahrbuche wurde dasselbe kurz erwähnt.[1]) Jetzt liegen nun genauere Nachrichten über dieses Erdbeben und die Flutwelle an der Küste Kolumbiens und Ecuadors vor, gemäß einem Berichte des Kommandos S. M. S. „Falke", Komdt. K.-Kapitän v. Ammon.[2])

Hiernach entstammen die einzigen zuverlässigen und wissenschaftlich genauen Beobachtungen dem Observatorium der Isthmian Canal Commission auf der Insel Naos in der Bucht von Panama, welches seit Anfang 1906 besteht und außer mit den gewöhnlichen meteorologischen Instrumenten auch mit einem selbstregistrierenden Pegel ausgerüstet ist.

Das Zentrum des Erdbebens scheint, wie der Bericht mitteilt, in der Nähe der Bucht zwischen Tumaco (Kolumbien) und Esmeraldas (Ecuador) gelegen zu haben.

„In Esmeraldas wurde am 31. Januar 1906 9^h vormittags ein heftiger, 10 Sekunden (nach andern Quellen 30 Sekunden) währender

[1]) Dieses Jahrbuch **17**. p. 143.
[2]) Annalen d. Hydrographie 1907. Heft 6. p. 263.

Stoß beobachtet, der nicht wie bei frühern Gelegenheiten als wellenförmige Bewegung, sondern als von unten wirkender Stoß empfunden wurde. Der Schaden an Gebäuden und Sachen war bedeutend. Gegen 11^h (andere sagen 10^h) wiederholte sich das Erdbeben in bedeutend stärkerm Maße; die Richtung der Stöße war von Süden nach Norden, die Dauer etwa 2 Minuten. Die Erschütterung verursachte den Einsturz einer Reihe von Häusern und richtete auch sonst großen Schaden an.

Der Fluß trat über seine Ufer und setzte die niedrig gelegenen Stadtteile unter Wasser. Diese Flutwelle wiederholte sich im Laufe des Nachmittags, schwächer werdend, sechsmal. In der ersten Hälfte des Februar folgten noch mehrere schwächere Erdbewegungen, die zweite Hälfte des Monats war ruhig. Am 18. März gegen 11^h abends fand ein heftiger Stoß statt, dem aber keine weitern Stöße unmittelbar folgten. Das letzte Erdbeben, das der vom 10. April 1906 datierte Bericht erwähnt, wurde am 22. März gegen 3^h nachmittags beobachtet. Es fing mit einem sehr kräftigen Stoße an und hörte mit einem schwächern auf; Dauer etwa eine Minute.

Die weiter südlich liegenden Ortschaften haben weniger unter dem Erdbeben gelitten. Von der im Süden anschließenden Provinz Manabi liegen Berichte aus Manta und Bahia de Caracas vor.

In Manta hat am 31. Januar 1906 gegen 10^h vormittags ein schwaches, kaum wahrnehmbares Erdbeben stattgefunden, das keinen Schaden hervorrief. Eine Veränderung des Meeresniveaus hat niemand beobachtet.

Der Bericht aus Bahia de Caracas lautet: Mittwoch Vormittag am 31. Januar 1906 ein schwacher Stoß um etwa 8^h vormittags von geringer Dauer; ein zweiter schwerer Stoß um $9^h\ 55^m$ von etwa 80 Sekunden Dauer, beginnend in vertikaler Richtung, die in wellenartige Bewegung überging. Haus- und Flurschaden ist hier und bis nördlich zur Küste von Pedernales nicht konstatiert.

Ein in Bahia in Bohrung befindlicher Brunnen füllte sich um $10^h\ 30^m$ vormittags mit Wasser; die eisernen Röhren wurden in ihrer Richtung verschoben.

Das Meeresniveau begann um $12^h\ 10^m$ mittags gegen die zu normaler Zeit nach 2 Stunden stattfindende Ebbe in 20 Minuten um etwa 80 bis 100 *cm* zu steigen, und zwar so heftig, daß ein draußen befindliches Boot an den in der Hafeneinfahrt liegenden Klippen scheiterte. Das Ebben und Fluten wiederholte sich an demselben Tage bis 9^h nachmittags dreimal in langsam abschwächender Form.

In dem nördlich von Esmeraldas liegenden Gebiete waren die Zerstörungen durch das Erdbeben und namentlich die Flutwelle bedeutender.

In dem kleinen La Tola nahe der kolumbianischen Küste sind 23 Häuser eingestürzt. In Tumaco wurde am 31. Januar 9^h vormittags ein leichter Stoß in der Richtung von Norden nach Süden

verspürt. Um $10^h\ 20^m$ vormittags folgte ein heftiges, 3 Minuten lang anhaltendes Beben, das in der Stadt großen Sturzschaden verursachte.

Etwa $^1/_2$ Stunde später kam eine Flutwelle, zerstörte Boca Grande im Westen von Tumaco fast vollständig und richtete auch in Tumaco selbst vielfach Schaden an. Das Wasser trat nach Verlauf einer Stunde zurück; doch währte das Auf- und Ablaufen des Wassers noch 4 Stunden lang.

Die Beschreibung des Erdbebens in Tumaco ist der Zeitung „El Gribo del Pueblo" in Guayaquil vom 14. Februar 1906 entnommen. Sie scheint in den Einzelheiten, insbesondere in den Angaben über die Flutwelle, etwas ausgeschmückt zu sein. Genaue Angabe über die Höhe der Welle, Zeit des Eintrittes usw. fehlen.

Am 2. Februar $11^h\ 15^m$ vormittags fand eine heftige, aber nur kurz anhaltende Erdschwankung statt. Leichte Bewegungen wiederholten sich noch häufiger im Laufe des Februars.

Der Schaden in Tumaco wird auf 50 000 Sucres = 100 000 ℳ geschätzt, der Verlust an Menschenleben in der Stadt und der weitern Umgegend auf 300.

Der Bericht aus Guapi lautet ähnlich, doch enthält er einige interessante Angaben über Nebenerscheinungen des Erdbebens.

Am 31. Januar wurde gegen 8^h vormittags ein leichter Stoß verspürt, dem um $10^h\ 30^m$ ein sehr starker, langandauernder folgte. Eine Anzahl von Häusern stürzte ein, deren Trümmer größtenteils in Flammen aufgingen. Gegen $11^h\ 30^m$ wurde im NW von Guapi ein schußartiger Knall gehört, der von einem unterseeischen Krater herzurühren schien. Gleich darauf hörte man in der Ferne ein heftiges Brausen wie von einem heftigen Sturme. Das Wasser im Flusse war heftig erregt, es lief dann auf und zerstörte die niedrig gelegenen Häuser. Am Strande wurden alle Pflanzungen vernichtet.

Die Nachbarstädte litten schweren Schaden; der Gesamtverlust in dieser Gegend soll an Menschenleben 1050, an Häusern 1200 betragen haben.

Die Nachrichten aus Buenaventura sind spärlich. Das Erdbeben selbst scheint hier nur noch in abgeschwächter Form aufgetreten zu sein. Eine zweimalige Flutwelle richtete Verwüstungen im Flusse und in der Stadt an.

Nach einem Gerüchte, das vom deutschen Vizekonsulate in Palmira übermittelt wurde, soll sich das Niveau der Insel Gorgona gesenkt haben.

Das in Buenaventura landende amerikanische Kabel war nördlich und südlich von Buenaventura an 18 Stellen gebrochen. Die nördlichste Bruchstelle soll 310 Meilen von Panama entfernt gewesen sein bei einer Gesamtlänge des Kabels von 410 Meilen.

Im Innern ist das Erdbeben, das im ganzen Lande bemerkt worden ist, nur an wenigen Stellen stark genug gewesen, um Zerstörungen anzurichten.

In Tuquerres und der Umgegend sind Häuser eingestürzt, und ein paar Menschen erschlagen worden. In Pasto und Barbacoas ist kein nennenswerter Schaden angerichtet. In Popayan, Cali und Palmira wurde ein starkes Erdbeben von 99 Sekunden Dauer beachtet ohne größern Schaden. Buga, Tulua und Cartago in der Provinz Cauca haben nicht gelitten. Weiter im Norden dagegen in Manizales, Antioquia und andern Departements wurden durch den Erdstoß Häuser zu Falle gebracht.

Über das Fortschreiten der Flutwelle nach Norden liegen Nachrichten aus Panama und Costa-Rica vor.

Über die in Panama beobachteten Erscheinungen gibt ein Bericht des Abteilungsvorstandes für Meteorologie R. M. Arango an den Chefingenieur John F. Stevens Auskunft.

An der pacifischen Küste von Costa-Rica lief die Flutwelle am 31. Januar gegen 2^{d} nachmittags auf. Im Golfe von Potrero fiel eine Strecke von etwa 2000 *m* trocken, das mit Gewalt zurückstürzende Wasser riß die Boote los und warf sie aufs Trockene.

In Cartagena an der Nordküste Kolumbiens trat am 31. Januar um 10^{h} 36^{m} vormittags ein Seebeben ein. Die zweite Flutwelle war die stärkste, brach die Ankerketten der im Hafen liegenden Schiffe und riß den deutschen Dampfer „Sarnia", der an der Pier vertäut lag, los.

Ein bisher nicht bestätigter und wenig glaubwürdiger Zeitungsartikel berichtet von dem Auftauchen einer neuen Insel gegenüber Bajo de las Palmas etwa 3 Seemeilen nördlich von Punta de las Canvas. Sie soll einen halben Hektar groß, üppig grün bewachsen (!) sein und sich im Äußern und in der Vegetation in nichts von der Umgebung unterscheiden. Die ersten Besucher der neu entstandenen Insel fanden eine Menge toter Fische rings über sie zerstreut.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1906 ist das stärkste, welches seit einer langen Reihe von Jahren den betroffenen Küstenstrich Ecuadors und Kolumbiens heimgesucht hat.

Nach Ansicht sachverständiger Kreise ist es entweder hervorgerufen worden durch einen Unterseevulkan in der Bucht, welche die Küste der Provinz Esmeraldas zwischen Mangles Point und Galera Point bildet, oder durch den Ausbruch eines Vulkans auf den Galapagosinseln.

Dieser letztere Vulkan ist nie völlig zur Ruhe gekommen und hat gerade in letzter Zeit Spuren einer lebhaften Tätigkeit gezeigt.

Die durch Vermittlung der Konsulate eingezogenen Erkundigungen haben ergeben, daß Veränderungen des Fahrwassers und der Tiefenverhältnisse infolge des Erdbebens nirgendwo festgestellt sind. Ebenso lautete eine Auskunft der Pacific Steam Navigation Co., der größten dort verkehrenden Dampfergesellschaften in Panama.

Bei der Größe des Gebietes ist es immerhin nicht ausgeschlossen, daß etwa außerhalb der meist befahrenen Schiffahrtswege entstandene Veränderungen bisher unbekannt geblieben sein können.

Im Verlaufe des April und Mai haben in Peru und Chile verschiedentlich mehr oder minder starke Erdbeben stattgefunden.

Mitte April wurden in Callao und Lima an mehrern Tagen leichte Erdstöße beobachtet, die aber keinen Schaden anrichteten.

Am 4. Mai 1906 zerstörte in Tacna und Arica ein 35 Sekunden andauerndes Erdbeben einen Teil der Stadt.

Folgende Mitteilungen eines Herrn Richardo M. Arango vom 6. Februar 1906 über die Beobachtungen zu Naos Island und zu Ancon werden am Schlusse des Berichtes noch aufgeführt:

Das Ausbleiben von diesbezüglichen Kabelnachrichten scheint darauf hinzuweisen, daß die Störung im Stillen Ozeane stattgefunden haben muß, sonst würden bis zur Zeit des Berichtes Nachrichten darüber eingegangen sein. Ferner ist die Störung von keiner großen Mächtigkeit gewesen, wie aus der Aufzeichnung des Mareographen zu Naos Island klar ersichtlich ist. In der Tat hat ein Studium der Ursachen, welche ähnliche Erscheinungen hervorgerufen haben, heftige seismische Bewegung auf dem Lande oder auf See als solche annehmen lassen; z. B. das Erdbeben von Lissabon, das eine große Flutwelle über Westindien herbeiführte, und das in Japan 1854 gefühlte Erdbeben, das die Flutwelle entlang der Küste von Kalifornien verursachte. Obwohl der Seismograph zu Ancon zweimal, um 10^h 30^m und 12^h 10^m nachmittags mit einer Stoßrichtung aus Osten fiel, und obwohl die Richtung dieser Beben nicht aufgezeichnet wurde, da der Beobachter abwesend war, so waren diese Erschütterungen ohne Zweifel von sehr geringer Intensität, da sie nirgends anderswo in der Stadt oder auf Naos Island, wo der Beobachter aufmerksam darüber wachte, ob ein Stoß bemerkbar war, empfunden wurden. So kann diesen Stößen kaum eine Beziehung zu der Flutwelle zugeschrieben werden, besonders da am 2. und 3. Februar das Instrument kleine Störungen um 10^h 10^m vormittags, 4^h 20^m, 4^h 56^m, 5^h und 5^h 4^m nachmittags aus derselben östlichen Richtung anzeigte.

Das Wasser war während des Nachmittags am 31. Januar in der Nähe der Insel ungewöhnlich trübe."

Die Bewegungen der Erdoberfläche an der pacifischen Küste.[1]) Seit dem Monate September 1899 ist die ganze Westküste Amerikas von Alaska im Norden bis nach Chile im Süden nicht weniger als siebenmal von verheerenden Erdbeben heimgesucht worden, wozu nunmehr noch die gewaltige Katastrophe an der mexikanischen Küste hinzutritt.

[1]) Gaea 1907. p. 441.

Es kann gar keinem Zweife lunterliegen, daß diese Ereignisse nicht durch lokale Ursachen hervorgerufen wurden, sondern daß gewaltige unterirdische Kräfte längs des ganzen pacifischen Ufers, auf einer Erstreckung, die einem Viertel des Erdumfanges gleichkommt, in Tätigkeit traten. Bei dem Erdbeben in San Francisco zeigten sich die gewaltigsten Wirkungen längs einer Verwerfung, die sich auf einer Länge von 600 *km* verfolgen läßt und über Kap Mendocino hinaus wahrscheinlich am Meeresboden fortläuft. Den Untersuchungen gemäß bestand die Art der Bewegung hauptsächlich in einer horizontalen Verschiebung des Bodens um durchschnittlich 3 *m*, dann gleichzeitig in einer vertikalen Verschiebung bis zu 1 *m*. Im Boden entstand auf diese Weise eine ununterbrochene Furche mit Quersprüngen. Über das Erdbeben, das am 16. August 1906 Valparaiso und Mittelchile heimsuchte, sind die wissenschaftlichen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Nach den vorläufigen Berichten von Dr. Steffens fiel die Haupterschütterung in den Bereich der sogen. Küstenkordillere und zentralen Längsebene von Mittelchile, während nach Osten in der Hochkordillere und auf der argentinischen Seite die Intensität der Erscheinung schnell abnahm. Die Insel Juan Fernandez, 360 Seemeilen westlich von Valparaiso, wurde von dem Erdbeben gar nicht berührt. An einigen Stellen hat die Küstenlinie durch das Erdbeben eine geringe Hebung erlitten, aber von neu gebildeten Verwerfungsspalten ist nichts aufgefunden worden. Es lassen sich indes zwei ungefähr parallele und nahezu gleich lange Striche größter Zerstörung erkennen, einer fällt etwa 160 *km* lang mit der Küstenerstreckung zusammen, der zweite verläuft östlich davon. Hierzu kommt ferner die Tatsache, daß am 31. Januar 1906 auch die pacifische Küste Kolumbiens von einem gewaltigen Erdbeben heimgesucht wurde. Infolge desselben sollen mehrere Inseln langsam versunken sein, während an der Mündung des Esmeraldaflusses Hebungen des Meeresbodens stattfanden, und 15 Kabelunterbrechungen eintraten. Die Erdbebenwellen pflanzten sich auch in diesem Falle bis nach Europa fort und wurden hier von den seismographischen Apparaten verzeichnet. Hören wir nun jetzt, daß auch die mexikanische Küste am Pacifischen Ozeane von Erderschütterungen heimgesucht wurde, so ist dies ein neuer Beleg für die von Omori hervorgehobene Tatsache, daß große, zerstörende Erdbeben die Tendenz zeigen, in Gruppen aufzutreten, und daß sie sich namentlich in verschiedenen Teilen einer gegebenen Region oder Zone während des Verlaufes weniger Jahre ereignen. Die Vorgänge seit 1899 deuten darauf hin, daß die Ursachen der wiederholten Erschütterungen nicht unter dem Boden des östlichen pacifischen Ozeans zu suchen sind, sondern vielmehr in oder unter dem westlichen Rande des Sockels, auf dem der Erdteil Amerika ruht. Die pacifische Küste Amerikas ist zu allen Zeiten viel durch Erdbeben beunruhigt worden, aber es ist unverkennbar, daß in den

letzten Jahren die unterirdischen Gewalten dort eine besonders lebhafte Tätigkeit entfaltet haben, auch vermag niemand zu sagen, ob diese jetzt abgeschlossen ist, oder weitere Äußerungen noch erwartet werden müssen. Anderseits aber ist es auch Tatsache, daß man kein Beispiel kennt, in welchem heftige Erdbeben ihren Ursprung wiederholt in dem nämlichen Zeitraume gehabt hätten.

Die Erdbeben in ihrer Beziehung zum Aufbaue der Erdrinde behandelte Prof. F. Frech in der allgemeinen naturwissenschaftlichen Sitzung der Versammlung deutscher Naturforscher zu Dresden am 19. September 1907.[1]) Die alte Annahme, daß durch Erdbeben keine merkbaren Verschiebungen im Felsgerüste der Erde entstehen, ist seit dem großen zentraljapanischen Erdbeben 1891 als irrig erwiesen. An dem Yakutatfjord in Alaska wurden als Folge eines Anfang September 1899 erfolgten Erdbebens ausgedehnte Hebungen im Höchstbetrage von 47 engl. Fuß und gleichzeitig in den seewärts gelegenen Küstenstrecken Senkungen von 6 bis 9 engl. Fuß beobachtet und gemessen. Diese Niveauveränderungen entsprechen genau dem ziemlich geradlinigen Verlaufe der Küsten und sind also auf Verschiebungen der Erdrinde zurückzuführen, wie sich in ähnlicher Weise die Westküste Süditaliens oder der Südabsturz des sächsischen Erzgebirges oder der Monte Rosagruppe gebildet haben. Die Yakutatbai liegt etwa zehn geographische Meilen von der höchsten Berggruppe Nordamerikas, den Eliasbergen, entfernt, deren Erhebung nicht durch vulkanische Aufschüttung wie sonst in den Kordilleren, sondern ausschließlich durch tektonische Kräfte erfolgt ist.

Nach dem großen Erdbeben von San Francisco wurden im April 1906 horizontale Verschiebungen im Betrage von mehrern Metern gemessen, welche die kalifornische Küste in einer Länge von Hunderten von Kilometern betroffen haben und von lokalen Senkungen begleitet wurden. Lücken und Unterbrechungen in den Höhenzügen sind in dem kalifornischen Küstengebiete schon lange sichtbar gewesen und im Jahre 1900 lediglich erweitert worden. In neuester Zeit trat an Stelle der Annahme, daß die Beben von einzelnen Punkten (Zentren) im Innern der Erde ihren Anstoß empfingen, der Nachweis, daß unterirdische Dislokationszonen, Faltungen und Brüche vorhanden sind, die vielfach mit den jüngern Hochgebirgen zusammenfallen. Der tektonische Ursprung aller Erschütterungen, welche den Namen Erdbeben verdienen, wurde allgemein angenommen.

Erderschütterungen von allgemein wahrnehmbarer Verbreitung wurden dagegen niemals als die Folgen der Einstürze unterirdischer Hohlräume oder als Vorboten vulkanischer Ausbrüche beobachtet. Sowohl die Einsturzbeben wie die mit der Aufwärtsbewegung der

[1]) Naturw. Rundsch. 1907. Nr. 47. — Petermanns Mitt. 1907. 11. Heft.

Lava verbundenen Zuckungen sind örtlich eng begrenzt. Die Zerstörungen beschränken sich meist nur auf einen Raum von wenigen Quadratkilometern. Die empfindlichen Instrumente mitteldeutscher Beobachtungsstationen zeichnen eine starke Dynamitexplosion, so die auf einem Fort in Besançon erfolgte Katastrophe exakt auf, während der Ausbruch des Vesuvs keine Einwirkung hervorruft.

Es empfiehlt sich, sagt Frech, den Begriff der Erdbeben auf die mit tektonischen Ereignissen, d. h. mit Horizontalschüben, Hebungen und Senkungen zusammenhängenden Veränderungen des Felsgerüstes der Erde zu beschränken, die oberflächlichen Einbrüche und die vulkanische Ausbrüche begleitenden Zuckungen aber im Zusammenhange mit der chemischen Geologie oder dem Vulkanismus zu behandeln.

Die großen sogenannten Fernbeben gehen von Gebieten aus, in denen durchweg die tektonischen Vorgänge noch nicht zum Abschlusse gelangt sind. Solche Erdbebenherde finden sich auf dem Grunde des Indischen und an den Randgebieten des Nordatlantischen Ozeans, d. h. in den letzten Überresten alter versunkener oder versinkender Länder. Auch der Nordosten des Mittelmeeres, Pontus bis Adria, gehören hierher; weniger sicher ist die Deutung der zentralpacifischen Beben um Samoa. Einen zweiten Typus tektonischer Beben bilden die jüngern eurasiatischen, von Südspanien, dem Atlas und den Alpen bis zum Himalaja und Hinterindien ausgedehnten Hochgebirge, in denen jüngere emporgewölbte oder überschobene Falten zwischen ältern, verfestigten Massen zusammengequetscht sind und emporgepreßt werden. Je älter das Gebirge, um so geringer die Zahl der Beben. Die Pyrenäen sind in früherer Zeit gebildet als die Alpen, diese aber wieder älter als der Himalaja, und im gleichen Verhältnisse vermehrt sich die Zahl der Beben. Gänzlich von den Alpen verschieden ist nach Ferdinand v. Richthofen der Bau der zirkumpacifischen, insbesondere der ostasiatischen Gebirge und Inselbögen. Nach den gewaltigen, der Ost- und Westküste genäherten Tiefen des Stillen Ozeans glitten die Gebirgsschollen der Kontinentalmasse seitlich abwärts, und dieser in den japanischen, philippinischen und vielen amerikanischen Erdbeben noch heute wahrnehmbare Vorgang hat schon in sehr früher (paläozoischer) Vorzeit begonnen.

Der verschiedenartige Bau eurasiatischer Faltungsketten und pacifischer Zerrungs- oder Bruchgebirge tritt äußerlich schon in der verschiedenen Verteilung der Vulkane hervor. Die heutigen Vulkanausbrüche und frühern Eruptionen kennzeichnen im ganzen Umkreise des Stillen Ozeans die Hauptketten der Gebirge, während sie in den Alpen und Karpathen auf die Innenzonen der Gebirgsbögen beschränkt sind. In Ostasien entsprach die Gebirgsbildung dem mit einseitiger Aufrichtung verbundenen seitlichen Abgleiten der Schollen, und die Ausbrüche erfolgten daher unmittelbar an diesen primären Zerreißungen, d. h. den Hauptachsen der Gebirge. Im Hima-

laja fehlen Vulkanausbrüche ganz, und in den alpinen Gebirgen sind sie, als sekundäre, nachträgliche Erscheinungen, auf die südlichen oder Innenseiten beschränkt. Die Grenze zwischen den jüngern, aufgewölbten Hochgebirgen und den ältern, verfestigten Massen wird durch Verwerfungen und die auf ihnen erfolgenden vulkanischen Ausbrüche bezeichnet. Besonders deutlich tritt diese Erscheinung in Ungarn und an den Küsten des Tyrrhenischen Meeres hervor. In Italien liegen die Küstenbrüche und Vulkane zwischen der versunkenen alten Tyrrhenis, deren Reste in Korsika, Elba und Sardinien erhalten sind, und den umgebenden jüngern Ketten der Apenninen; ähnlich umgibt der Dreiviertelkreis der Karpathen das alte ungarische Festland, dessen Reste in Siebenbürgen sichtbar werden; und zwischen beiden liegt die breite Zone der ehemaligen Lavaergüsse, deren Boden heute durch Fruchtbarkeit und Weinbau (Tokai) ausgezeichnet ist.

In Ostasien und im westlichen Amerika entspricht dagegen die Verbreitung der Vulkane dem Verlaufe der Haupterhebungen und der Inselbögen. Tätige Vulkane und Erdbeben fehlen in den zentralen und östlichen Gebirgen so gut wie gänzlich. Beide Gebirgssysteme bestehen aus ältern, gefalteten Massen, die in späterer Zeit gebrochen und gehoben worden sind. Die hauptsächlichen Faltungen sind paläozoisch, und eine spätere posthume Bewegung entspricht dem Ende der Kreidezeit. Die Brüche zwischen den großen Ebenen Nordamerikas und den Rocky Mountains gehören dem Beginne und der Mitte der Tertiärzeit an. Jüngere tertiäre Gebirgsbildung und Erdbeben sind beschränkt auf das pacifische Gebirgssystem in Alaska, Oregon, Kalifornien und auf die mexikanischen Sierren. Die Hochgebirge im Washington-Territorium und in Britisch-Columbia sind so dünn bevölkert, daß wir das Fehlen von Erdbebenberichten auf den Mangel an Beobachtern zurückführen dürfen. Wie sehr der Nachrichtendienst die Gestaltung der Erdbebenkarten beeinflußt, zeigt die Tatsache, daß auf den 1903 von Milne veröffentlichten Übersichtsbildern San Francisco und Alaska als erdbebenfrei angegeben worden sind! Anderseits zeigt das 35 Jahre zurückliegende Beben von Owens Valley in Kalifornien, daß der gewaltige, den Ostabsturz der Sierra Nevada bildende Bruch damals die Ausgangszone der Erschütterung war. Ebenso entspricht die horizontale Verschiebung nach dem San Franciscobeben von 1906 einer längst bekannten, im Antlitze der Landschaft deutlich wahrnehmbaren Verwerfungszone.

Der zonenförmige Bau der Kordilleren steht in deutlichem Gegensatze zu dem massigen Baue der asiatischen ältern Gebirge. Aber beide haben das wichtige Merkmal miteinander gemein, daß der Ursprung der Gebirgs- und Erdbebenbewegungen nicht in den Erhebungen der Kontinente, sondern in den Tiefen des Pacifischen Ozeans zu suchen ist. Auch in Südamerika liegen fünf gewaltige

Tiefe auf dem Meeresgrunde nahe der Küste und entsprechen den Herden der zerstörendsten Beben von Peru und Chile.

Ebenso liegt in Japan das weit ausgedehnte, 8000 bis 9000 *m* eingesenkte Tuscaroratief dicht neben dem Schauplatze der furchtbarsten Erschütterungen (1891 Midor). Die japanischen, als „Tsunimos" bezeichneten Seebebenwellen sind ebenfalls auf die pacifischen Küsten des Inselbogens beschränkt, während das Japanische Meer keine Bewegungen erfährt. Es scheint, meint Prof. Frech, als ob auf dem Grunde des Tuscaroratiefs immer noch weitere Senkungen erfolgen, die ihrerseits eine entsprechende seitliche Zerrung und Erschütterung der Inselbogen zur Folge haben.

In den pacifischen Gebirgen liegen die Erdbebenherde in den randlichen Tiefen des Ozeans, und die zentralen und kontinentalwärts liegenden Gebirge sind somit ganz oder fast ganz erdbebenfrei; die Vulkane folgen dagegen den Haupterhebungen der Gebirge. In den alpinen oder eurasiatischen Gebirgen liegen dagegen die Vulkane, sofern sie vorhanden, außerhalb der durch tektonische Kraft emporgewölbten Gebirgsketten, während die Erdbebenherde im wesentlichen mit der Verbreitung der Gebirgsketten zusammenfallen. Die Reaktionen der innern Kräfte gegen die Oberfläche beweisen somit, daß die Anschauung Richthofens von der grundsätzlichen Verschiedenheit der Alpen und der pacifischen Gebirge wohlbegründet ist.

Die Statistik der Beben lehrt, daß die Gebirge von jungpaläozoischem Alter, wie die Appalachien, der Ural und die europäischen Mittelgebirge, die Ausgangspunkte von weniger zahlreichen und vorwiegend schwachen Erdstößen sind. Diese Abnahme entspricht genau der Verringerung der Beben, welche Himalaja, Alpen und Pyrenäen erkennen ließen. Auch die asiatischen Hochflächen von Tibet und Iran scheinen, ebenso wie die Plateauregionen Nordamerikas, bebenfrei oder sehr bebenarm zu sein. Nur in Hocharmenien nehmen mit der Annäherung an den Kaukasus und die jüngern südpersischen Zagrosketten die Stöße an Zahl und Heftigkeit zu. Während in Armenien auch jüngere Brüche den alten Kern des Hochlandes durchsetzen, ist die einzige Ausnahme in Nordamerika schwerer zu erklären.

Doch läßt sich im allgemeinen das Gesetz aufstellen, daß bebenreiche (seismische), bebenschwache (peneseismische) und ruhige oder aseismische Gebiete in ihrer Verbreitung dem Alter der Gebirgsbildung entsprechen. Genauere Untersuchungen sind notwendig, um die seismische Stellung der in spätpaläozoischer Zeit gefalteten bebenschwachen Gebiete zu bestimmen, trotzdem kann man schon sagen, daß diese spätpaläozoischen Mittelgebirge den Übergang zu den bebenfreien, in frühpaläozoischer oder präcambrischer Zeit gefalteten Gebieten bilden.

Zu den ruhigen oder aseismischen Gebieten gehört der größere Teil von Australien und Afrika, Osten, Westen und Norden von

Sibirien, die großen Ebenen von Nordamerika, Brasilien und Skandinavien mit Ausnahme der Küsten. In den am besten erforschten europäischen Bebengebieten läßt sich die dem geologischen Alter der Gebirgsbildung entsprechende Abnahme der Bebenhäufigkeit am genauesten feststellen.

Prof. Frech faßt seine Erörterungen zu folgenden allgemeinen Ergebnissen zusammen:

1. Einsturzbeben und die dem Emporquellen der Lava vorangehenden Zuckungen sind in ihren zerstörenden Wirkungen auf ganz enge Gebiete beschränkt und werden auch von selbstregistrierenden Instrumenten nur in geringem Umkreise verzeichnet. Ihre Erforschung fällt in den Bereich der chemischen und vulkanologischen Geologie.

2. Fernbeben (oder Weltbeben), das heißt die instrumentell über einige 1000 *km* verfolgbaren Beben, sind auf die in jüngerer (tertiärer) Zeit dislozierten Gebiete beschränkt. Der verschiedene tektonische Bau der Erdbebenherde — versinkende uralte Kontinente, alpine oder Faltungs- und endlich pacifische oder Zerrungsgebirge — ist von geographischer und geologischer Wichtigkeit, zeigt aber nur sekundäre Einwirkung auf den eigentlichen Vorgang der seismischen Erschütterung. Immerhin läßt sicht das Folgende feststellen:

3. In den gebrochenen Festlandsgebieten (Ostafrika) sind Beben viel seltener als in versunkenen Kontinenten (Indischer und Nordatlantischer Ozean) oder in Faltungsgebirgen von gleichem (jüngerm) Alter.

4. Ausgedehnte, meßbare Hebungen, Senkungen und Horizontalverschiebungen als unmittelbare Folgen von Erdbeben sind bisher nur an pacifischen Küsten, in Kalifornien und Alaska, sowie auf pacifischen Inseln in Zentraljapan und Neuseeland beobachtet worden. Die häufig, z. B. in Griechenland, beobachteten Rutschungen an den Küsten, Bergstürze, sowie die Zertrümmerung der aus Humus oder Lehm zusammengeschichteten Oberflächengebilde gehören zu den Folgeerscheinungen der Erdbeben; die oben erwähnten Dislokationen durchsetzen das Felsgerüst der Erde, entsprechen also den Vorgängen früherer Gebirgsbildung.

5. Die Häufigkeit und Stärke der Beben nimmt mit dem geologischen Alter der dislozierten Gebiete ab. In jüngern Faltungsgebirgen und jüngern Senkungsfeldern sind Erdbeben häufig und schwer, in jungpaläozoischen Gebirgen selten und schwach (peneseismisch), in Gebieten altpaläozoischer und präcambrischer Faltung ganz oder so gut wie gänzlich erloschen (aseismisch).

Über die Ursachen der Erdbeben und einige verwandte Erscheinungen hat Prof. T. J. J. See[1]) eine Untersuchung veröffentlicht

[1]) Erdbebenwarte. 7. p. 128 u. ff., woraus oben der Text.

Der wesentliche Inhalt derselben ist folgender. See bemüht sich, nachzuweisen, daß alle Erdbeben durch Lavaexplosionen unterhalb des Meeresgrundes hervorgerufen werden. Auch die Entstehung der Gebirge führt er auf vulkanische Tätigkeit zurück. Am Schlusse führt er nachfolgendes als Ergebnisse an:

1. Daß Ablagerungen von Sedimentgesteinen über den Kontinenten kaum unmöglich etwas anderes hervorbringen, als ein allmähliches Anwachsen des Gewichtes über diesen Teilen der Erdkruste, überdies sind derartige Felsarten, wie z. B. Marmor, von bedeutender Viskosität, so daß sie sich im Laufe der Jahrhunderte unter dem gewaltigen Drucke biegen, doch ohne dabei zu zerbrechen; wir können daher mit Sicherheit annehmen, daß keinerlei Erdbebenerschütterungen von einer solchen Ursache hergeleitet werden können.

2. Die Theorie, daß Erdbeben durch Brüche und Felsrutschungen verursacht werden können, wird widerlegt durch die Tiefe (10 bis 20 Meilen), in welcher die Herde von vielen Weltbeben gefunden wurden, und durch die Tatsache, daß sie nicht von einem Punkte oder von einer Strecke aus erregt werden, sondern in Wahrheit von einer Fläche aus kommen; die meisten der Erdbeben folgen dem Seeufer, nur selten ereignet sich eines im Binnenlande und niemals in einer Wüste; doch am häufigsten im Bette des Ozeans.

3. Es folgt daraus, daß die Erdbeben von explosiven Kräften inner- oder unterhalb der Erdkruste abhängen müssen, die über große Flächen ausgedehnt sind, und auch das Übergewicht der Seestörungen entlang den Ufern der Festländer zeigt, daß diese Kräfte in irgend einem Sinne vom Meerwasser abhängen. Diese explosiven Gewalten können bei Vulkanausbrüchen beobachtet werden, da solche fast immer von Erdbeben begleitet sind, die oft über bedeutenden Flächen gefühlt werden.

4. Nicht alle Erdbeben führen zu Eruptionen, aber wenn die Erdstöße im Gebiete eines erloschenen Vulkans auftreten, können wir sicher darauf schließen, daß die Kräfte, welche die Eruptionen hervorgerufen hatten, auch die vorhergegangenen Erdbeben verursacht haben.

5. Daß der Wasserdampf die Ursache zu vulkanischen Eruptionen bildet, wird bewiesen durch die Verteilung der Vulkane an den Küsten und durch die zahllosen Eruptionen, welche in den Tiefen der Ozeane erfolgen, während die Vulkane im Binnenlande immer erlöschen, und außerdem noch durch die Tatsache, daß der vulkanische Auswurf zu $999^0/_{00}$ aus Wasserdampf besteht und nur $1^0/_{00}$ besteht infolge der hohen Temperatur aus zufällig mitgenommenen Zerstäubungsprodukten.

6. Nach Newton muß nun die Ursache vulkanischer Tätigkeit und gewisser Erdbeben als „vera causa“ für alle Fälle im allgemeinen angenommen werden.

7. Die Spannung des Dampfes, die sich unterhalb der Erdkruste sammelt, ist somit die „wahre Ursache" aller Erdbeben und vulkanischen Eruptionen, und diese kommen nur dann zustande, wenn der Dampf die Erdoberfläche durchbricht, was für gewöhnlich bei Bergen, wo die Erdkruste schon stark verworfen und verwittert ist, geschieht.

8. Wenn die unterirdische Dampfspannung groß genug ist, so bewegt sich der Dampf natürlich nach der nächsten Erdfalte, wo die Gesteinschichten vielfach verworfen sind, aber die beobachtete Bewegung ist das Ergebnis und nicht die Ursache des Erdbebens.

9. Vulkane sind Berge, die durch den Dampfdruck geöffnet worden sind (Spalten in den Felsmassen scheinen der Anfang für die Entstehung von Vulkanen zu sein), und die fast alle Bimssteintuffe und Asche auswerfen; es muß aber angenommen werden, daß die Bestandteile dieser Materialien in allen Felsarten enthalten sind, daß sie beim Einwirken von Dämpfen und Gasen auf die geschmolzene Gesteinmasse erzeugt werden.

10. Jede Gebirgsspitze ist daher imstande, sich zu einem Vulkane auszubilden, sobald nur die unterirdischen Dampfspannungen einen genügenden Druck ausüben, um eine Öffnung durchzubrechen; aber anderseits schließen sich die Krater, und es erlöschen die Vulkane, wenn der Dampfdruck außerstande ist, die Ventile offen zu erhalten. Wenn Vulkane auch eine Zeitlang ihre Tätigkeit eingestellt haben, so kann doch ein neues Anwachsen des unterirdischen Dampfdruckes die Tätigkeit von neuem eröffnen; es wurde gefunden, daß in solchen Fällen die Heftigkeit der Eruption eine bedeutend größere ist. Dem analog erklärt sich auch die furchtbare Wirkung von Erdbeben in Gebieten, welche keine Ventile für den Austritt der unterirdischen Dämpfe besitzen.

11. Die Berge werden durch Einströmen dampfgesättigter Lava in die feste Kruste gebildet, wobei die darüberliegenden Gesteinschichten gehoben und durchbrochen werden, und ein Kamm entsteht, der fast immer zur Meeresküste parallel ist.

12. Durch das fortwährende Einströmen der Lava unter das Land wird die Küste gehoben, es werden Gebirge gebildet, und einige Spitzen derselben brechen oft zu Vulkanen auf, während gleichzeitig die Stütze des Meeresgrundes durch das Auskühlen der flüssigen Masse untergraben wird, so daß der Meeresgrund in gewissen Zeitintervallen sinkt, um das Gleichgewicht wieder herzustellen.

13. Das Sinken des Meeresbodens bei diesem natürlichen Vorgange der Lavaeinströmung unter das Land ist die Ursache jener Seewellen, die oft heftigen Erdwellen folgen, wobei sich das Wasser zuerst vom Ufer zurückzieht, um dann als gewaltige Flutwelle zurückzukehren. Jene Wellen aber, die plötzlich ohne vorausgehenden Rückgang des Wassers eintreten, sind submarinen Erhebungen und Ausbrüchen zuzuschreiben.

14. Inseln werden durch Lavaergüsse unter dem Meeresgrunde gebildet; da diese Ergüsse von allen Seiten aus erfolgen, so stellen ihre Gebirge gewissermaßen ein wirkliches Rückgrat dar. In vielen Fällen wird der benachbarte Meeresgrund bei diesem Prozesse untergraben, wodurch neben der Insel ein Einschnitt entsteht. Die Tatsache, daß nicht alle Inselbildungen von dieser Erscheinung begleitet sind, ist noch kein Beweis gegen die Theorie, weil eben die Bildung der Einsenkung keine Folge der Inselbildung ist, sondern durch die letztere bei besondern Zufälligkeiten nur verursacht werden kann.

15. Beim Ausbessern von Seekabeln, die durch Erdbeben zerrissen wurden, fand man oft, daß solchen Störungen beträchtliche Senkungen des Meeresbodens folgten. Diese Senkungen beliefen sich gemäß gemachten Messungen bis auf 100 Faden Tiefe.

16. Der Meeresboden senkt sich nicht, ohne daß die Lava unter der Kruste an einer andern Stelle hinausgedrückt wird, wie z. B. bei Inseln, unterseeischen Riffen oder an der Küste. Keine dieser Bewegungen kann der säkularen Abkühlung der Erde zugeschrieben werden, hingegen werden alle Erschütterungen durch die Wirkung des Dampfes in einfachster Weise erklärt.

17. Berge im Binnenlande, wie z. B. die Riesenfelsengebirge von Kolorado, zeigen keine besondern Bewegungen, während jene an der Küste, z. B. die Anden, sich fortwährend erheben; dies beweist wieder, daß das Meer und nicht die säkulare Abkühlung der Erde hierzu die Ursache bildet.

18. Die einzigen erdbebenfreien Länder sind die Wüsten, welche aber leider unbewohnbar sind; daher können wir den Erdbeben nicht entgehen, und wir müssen Gebäude, die für längere Zeit bestimmt sind, derart einrichten, daß sie ihnen ohne materiellen Schaden widerstehen.

19. Während im großen ganzen die Hebung des Festlandes vorherrscht, so gibt es auch ein Sinken, welches dem Nichtzusammenwirken der Kräfte in gewissen Strichen unter der Kruste zuzuschreiben ist. Es ist müßig, diese oszillatorischen Bewegungen der Kruste leugnen zu wollen, um so mehr, da manche Beweise hierfür klar festgestellt wurden. Jede Insel, welche im Meere aufgeworfen wurde, ist Zeuge dieses allgemeinen Naturgesetzes.

20. Da in die Kruste Wasser aufgenommen wird, sowohl durch die Kristallisation der Felsarten als auch durch die Vorgänge bei Erdbeben, und nachdem nur ein Teil dieser Dämpfe durch die Vulkane der Erdoberfläche zurückgegeben wird, gibt es ein säkulares Austrocknen der Meere. Dieser Vorgang geschieht äußerst langsam und ist in historischen Zeiten nicht zu beobachten, obwohl das teilweise Rückschreiten des Strandes in geologischen Perioden auf diese Ursache zurückzuführen ist.

21. Die Erhebung der Plateaus hängt von derselben Ursache ab, welche die Berge bildet; Beweis hierfür ist die Tatsache, daß auch

die Plateaus sowie die Gebirge auf erstarrten Laven, Bimssteintuffen usw. aufliegen, wie die geologische Forschung festgestellt hat.

22. Zweifellos gehen auch chemische Prozesse unter der Erdkruste vor sich, wo die Gewässer die Laven durchdrungen haben, und wo überhitzter Wasserdampf auftritt. Auch die Vorherrschaft des Wasserdampfes im Auswurfe der Vulkane zeigt, daß die andern dabei auftretenden Gase nur Nebenprodukte sind, welche Feuchtigkeit und große Hitze gebildet haben; auch die Zerstäubung des Wasserdampfes ist eine Folge dieser Tatsachen.

Vulkanismus.

Normaler und anormaler Wert der geothermischen Tiefenstufe. Prof. Königsberger (Freiburg i. B.) verbreitete sich in Abteilung Ib der 79. Versammlung der deutschen Naturforscher in Dresden hierüber. Man weiß durch Beobachtungen in tiefen Bohrlöchern in verschiedenen Teilen der Erde, daß die Temperatur mit der Tiefe ziemlich rasch steigt. Als erster hat Kircher in Fulda 1662 in seiner „Unterirdischen Welt" es klar auszusprechen gewagt, daß die Temperatur im Erdinnern beträchtlich zunimmt, je mehr man sich dem Mittelpunkte der Erde nähert. Es ist ferner bekannt, daß die geothermische Tiefenstufe ziemlich bedeutenden Schwankungen unterliegt, Im Durchschnitte beträgt die Temperaturzunahme ungefähr 30° auf 1000 *m*. Gemäß den neuern Messungen lassen sich nach dem Redner fünf verschiedene Gebiete für die Tiefenstufe unterscheiden: 1. In ebenen Gegenden fern von Bergen und großen Wassermassen in Sedimenten, 2. unter Bergen und Tälern in Tunneln, 3. in der Nähe großer Wassermassen, 4. in jungvulkanischen Gegenden und 5. in Lagerstätten von Kohlen, Petroleum, Erz. Auf Grund seiner Annahmen konnte Redner die Temperaturzunahme unter Bergen, wie z. B. bei den Tunnelbauten der Gotthard-, Mont Cenis- und Simplonbahn in guter Übereinstimmung mit den wirklichen Messungen berechnen. In der Nähe großer Wassermassen (Küste von Holland, in England und Australien) wird die Temperaturzunahme durch die Wärmeableitung des Wassers erheblich verkleinert. Aus den Messungen der Temperaturzunahme in jungvulkanischen Gegenden läßt sich die Tiefe der schmelzflüssigen Laven ermitteln, und auch die wechselnde Tätigkeit eines Vulkanes prägt sich deutlich in der Temperaturzunahme des Vulkankegels aus.

Das vulkanische Ries und seine Erdbeben. Nach den Untersuchungen von Dr. J. Reindl[1]) ist die Entstehung des Rieses unzweifelhaft auf tektonische Ursachen zurückzuführen, und zwar

[1]) Potoniés Wochenschrift 1907. p. 698.

glaubt er allen Grund zu haben, behaupten zu dürfen, dieses Gebiet gehöre in jene große Reihe von Querspalten, die an verschiedenen Orten den Jura durchsetzen und auf Einbrüche zurückzuführen sein werden. Chr. Gruber und zahlreiche andere Forscher haben diesen Gedanken bereits ausgesprochen, und Reindls Untersuchungen bekräftigen vollständig deren Meinung. Daß diese tektonischen Störungen am Riesrande bis tief hinein in die Quartärzeit reichten, darf wohl angenommen werden, und manche Dislokationen dürften auf solche Einstürze zurückzuführen sein. Manche Erderschütterungen im Ries sind vielleicht besser als Relaisbeben zu bezeichnen, viele von ihnen jedoch können als selbständige Beben mit lokaler Natur bezeichnet werden. Der Umstand muß namentlich auch berücksichtigt werden, daß wir hier ein durch und durch vulkanisches Terrain vor uns haben. Darauf nun, daß im Bereiche anscheinend erloschener Vulkantätigkeit die seismischen Kräfte nur schlummern und sehr leicht zu erneuten, wenngleich nur kurzlebigen Betätigungen ihres Daseins erweckt werden können, wurde wiederholt aufmerksam gemacht, so u. a. von Ratzel mit Hinweis auf die Zustände im westlichen Nordamerika. Auch für Südamerika und für die Randgebiete des Toten Meeres sind von Darwin und Diener ähnliche Gesichtspunkte geltend gemacht worden. Es braucht, sagt Reindl, ein derartiges Erdbeben deshalb durchaus noch kein vulkanisches im technischen Wortsinne sein, so daß also magmatischer Auftrieb die wahre Ursache der Erschütterung wäre, es genügt vielmehr vollkommen, anzunehmen, daß durch die vulkanischen Kraftäußerungen einer längst vergangenen Zeit ein Zustand der internen Lockerung geschaffen ward, der bis zum heutigen Tage nicht gehoben ist, und der zwar unter normalen Umständen nicht in die Erscheinung tritt, sich aber bei nur irgendwie günstiger Gelegenheit sofort zu erkennen gibt. Diese Riesbeben sind also „vulkanisch-tektonische" oder, um einen Ausdruck W. Brancos zu gebrauchen, „unreine tektonische" Beben. Vielleicht würde es sich empfehlen, von gemischten Beben generell zu sprechen, da es sehr wahrscheinlich auch nicht an gelegentlichen unterirdischen Einstürzen fehlt, welche durch die mit der vulkanischen Aktion notwendig verbundenen Substanzverluste bedingt sind.

Die Vulkanreihen und Erdbebengebiete Amerikas behandelte Prof. Dr. E. Deckert in der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft.[1])

Die letztvergangenen Jahre, sagte er, geben mancherlei Veranlassung, über Erdbeben, Vulkanausbrüche und ihre wechselseitigen Beziehungen zu berichten. Dem großen Quetjaltenangobeben (am 1. April 1902) folgten die furchtbaren Ausbrüche der St.-Vin-

[1]) Bericht d. Senckenbergischen Naturforschenden Ges. 1907. p. 73.

cent-Soufrière und des Mont Pelé (7. und 8. Mai 1902) auf dem Fuße, und das merkwürdige Zusammenspiel der beiden westindischen Vulkane, sowie das Mitspiel der mittelamerikanischen Vulkane Izalco, Nasaya und Sta. Maria und des mexikanischen Colima dauerten ein volles Jahr, während in Kaschaar, Ardidochan und Manila starke Erderschütterungen stattfanden. Im April 1904 hatte Saloniki das stärkste Beben eines Menschenalters, im Juni Lima, im November Formosa. Im April 1905 folgte das verheerende vorderindische Beben mit seinem Schütterzentrum bei Lahore, im August die Vulkaneruption auf der Samoainsel Sawai, im September das neue schreckliche Beben in Kalabrien. Das Jahr 1906 aber brachte im März ein weiteres verheerendes Beben auf Formosa und im April den gewaltigsten Vesuvausbruch seit 79 n. Chr. Im April ereignete sich aber auch die vernichtende Erdbebenkatastrophe von San Francisco und im August die ganz ähnliche Katastrophe von Valparaiso, so daß durch die gleiche Ursache sowohl die blühendste nordamerikanische als auch die blühendste südamerikanische Hafenstadt am Stillen Ozeane in Trümmer sank, während im Dezember das neueste, große zentralasiatische Beben und im Januar 1907 das neueste, verheerende Kingstonbeben die Reihe bis auf weiteres beschlossen. Von Vulkanen erwachten im Jahre 1906 namentlich der Kilauea und der Alëutenvulkan Bogoslof zu neuem Leben.

Für die Beurteilung der äußern und innern Wechselbeziehungen der Beben unter sich, ebenso wie der Beben mit den Vulkanen, bieten die amerikanischen Verhältnisse besonders günstige Voraussetzungen. Dort ist die gesamte Tektonik und Morphologie der Länder und Meere verhältnismäßig einfach und durchsichtig, die Beobachtungsreihen sind aber wenigstens aus einzelnen Gebieten gute und brauchbare. Vor allem gilt das von Westindien, wo die Beben von Kingston, Guadeloupe und Haiti einerseits und die Vulkanausbrüche des Mont Pelé und der St.-Vincent-Soufrière anderseits sich harmonisch in ein großes System einfügen. Es handelt sich dabei um die weitere Ausgestaltung des Karibischen Meeresbeckens durch Absenkungen und Einbrüche. Der Druck des großen Senkungsfeldes führt auf der Höhe des schmalen Inselrückens, der das Karibenmeer vom Atlantischen Ozeane trennt, seit der Tertiärzeit zu Bodenzerreißungen und Wasserdampfexplosionen, sowie aus den geöffneten Schlünden zu Ascheauswurf und Lavaergüssen. Unter anderm ist namentlich auch der Riesenobelisk, der aus dem Krater des Mont Pelé zu 700 *m* Höhe herauswuchs, der aber nur ein ephemeres Dasein hatte, eine unmittelbare Wirkung jenes Druckes gewesen. In Mittelamerika stehen die Erdbeben und Vulkanausbrüche in ganz ähnlicher Beziehung zu der weitern Vertiefung und Ausdehnung des Stillen Ozeans, und die gesamte vulkanische und seismische Tätigkeit ist dort noch viel umfangreicher und lebhafter als in Westindien. Die Alëutenvulkane bieten ein schönes Seitenstück zu den Antillen-

vulkanen, und das Beringsmeer zeigt ähnliche Verhältnisse wie das Karibenmeer; nur ist es in seiner Ausdehnung noch nicht so weit vorgeschritten wie dieses, namentlich nicht so tief. Der Druck seines Senkungsfeldes bewirkt aber gegenüber dem Shishadin, dem Matushin und andern Vulkanen ähnliche Erscheinungen wie beim Mont Pelé, und das abwechselnde Aufsteigen und Versinken der Spitzen des 1796 aus dem Meere aufgetauchten Bogoslofvulkans erinnert an den „Aiguille" des Mont Pelé. Die häufigen Erdbeben der Gegend werden bei spärlicher Besiedlung meist nicht bemerkt, und die Ausdehnung der Schüttergebiete ist schwer zu beurteilen. Bei den mexikanischen Vulkanen zeigt sich allenthalben eine strenge Abhängigkeit der Vulkane von den seismischen Verhältnissen und damit zugleich von der weitern Ausgestaltung des Stillen Ozeans. Das Gleiche gilt auch von den südmexikanischen Beben und Vulkanriesen. Die Einzelforschung und die Beobachtungsweisen lassen hier viel zu wünschen übrig; die allgemeinen Beziehungen sind aber von Ecuador, Peru und Chile ziemlich klar. Auf dem Scheitel der großen Antiklinalen, die die Andenketten darstellen, erfolgen hier ebenfalls Zerreißungen und vulkanische Explosionen oder Lavaergüsse. So spielen zurzeit um Quito herum abwechselnd der Cotopaxi, der Pichincha, der Tunguragua, der Cumbal und andere Feuerberge, während der Sangay seit 1728 überhaupt nicht zur Ruhe gekommen ist. So haben auch der Maipo und Tupangato im Osten von Valparaiso, der Villan und Antuco östlich von Concepcion und der Villarica und Calbuco östlich von Valdivia in Abhängigkeit von den dort gelegenen habituellen Schütterherden vor der historischen Zeit mehrfach heftige Ausbrüche gehabt. Auch im Hinterlande des kalifornischen Hauptschütterherdes, am Goldenen Tore von San Francisco, tobten einst Vulkane, und nur gegenwärtig sind dieselben in ihrer Tätigkeit erlahmt; die Möglichkeit eines Wiedererwachens ist aber bei ihnen nicht völlig ausgeschlossen. Jedenfalls erfolgen durch den Schollendruck, den die starken Erdbeben andeuten, umfangreiche, oberflächliche Bodenzerreißungen und Spaltenbildungen. Im Mississippibecken handelt es sich bei den nicht selten großen Beben, die Schüttergebiete bis zu zwei Millionen Quadratkilometer gehabt haben, um eine Senkung der innern Landesteile, bzw. um eine Synklinalebildung, wobei sich Kraterschlünde nicht öffnen können. Die Senkung scheint aber erneut fortschreitende Verschlimmerung der Mississippiüberschwemmungen im Gefolge zu haben.

Lavaspalten und Kraterrillen auf Island schilderte auf Grund eigener Forschungen Dr. W. v. Knebel.[1])

„Schon von den ältesten Beschreibern Islands wird ein Gebilde mit Bewunderung dargestellt, welches in der Nachbarschaft der

[1]) Gaea 1907. p. 547.

Thingvallavatn auf der alten Gesetzesstätte des Landes, der Thingebene (Thingvellir) auftritt; es ist die Almannagjá, die Allmännerschlucht. Das isländische Wort Gjá, Plural Gjár (sprich Gjan bzw. Gjanr), bedeutet soviel wie Felsspalte, und es wird auf Island immer nur auf jene Spalten angewendet, welche mit senkrechten Wandungen begrenzt im Gebiete jüngerer Laven sich befinden. Somit ist unter dem Worte Gjá ein bestimmtes geologisches Gebilde verstanden.

Die Almannagjá ist eine etwa 7 *km* lange, nahezu gerade in nordöstlicher Richtung sich erstreckende Spalte in der Nähe des Randes von einem riesenhaften Lavafelde.

Die Wände dieser gewaltigen Spalte sind auf ihrer Nordwestseite etwa 30, gelegentlich sogar 40 *m* hoch, auf der südwestlichen Seite aber bedeutend niedriger, da die Lava daselbst abgesunken ist. Im Verlaufe der Spalte nach Nordosten wird das Ausmaß dieser Verschiebung immer geringer, bis die beiden Wandungen der Almannagjá schließlich gleich hoch sind, und die Spalte selbst, immer unbedeutender werdend, verschwindet.

Die Spalte befindet sich lediglich im Gebiete der Lava, und an dem eben geschilderten nördlichen Ende der Spalte ist auch bald der Rand des Lavafeldes erreicht.

In östlicher Richtung schließt sich an die Almannagjá die große Lavafläche des Thingvellir, in der sich ebenfalls zahlreiche, aber kleinere Spalten — Gjár — befinden, die annähernd in gleicher Weise einen nordöstlichen Verlauf besitzen wie die große Almannagjá. Die Abbildung (Tafel IV) gibt ein Bild dieser seltsamen Landschaft.

Wandern wir weiter nach Osten, so begegnen wir der Hrafnagjá (Rabenkluft), welche ähnlich der Almannagjá eine Länge von mehrern Kilometern besitzt, ohne sich jedoch in derart scharfer Weise im Gelände auszusprechen."

v. Knebel kommt zu der Überzeugung, daß das Spaltensystem der Thingvallaebene nicht tektonischen Ursprunges ist, sondern auf Ursachen zurückzuführen ist, welche während der Bildung des riesigen Lavafeldes sich ereignet haben.

Tempest Anderson, ein wohlbekannter englischer Vulkanologe, hat diese Spalten als nichts anderes gedeutet, als außergewöhnlich große Beispiele jener Risse, die man in vielen Lavaströmen kennt, welche dann entstehen, wenn unter der schon verfestigten Lavaoberfläche das innere noch flüssige Magma weiterströmt. Hierbei bricht die Lavadecke oftmals ein, und es entstehen vielfach untereinander und der Längsrichtung des Lavastromes parallele Spalten.

Eine solche Deutung auf die bis zu 7 *km* langen Spalten der Thingebene zu übertragen, mag auf den ersten Blick als ein sehr gewagter Versuch erscheinen, und man kann wohl sagen, daß diese Erklärung bisher eigentlich unberücksichtigt geblieben ist. Alle

andern Beobachter, so beispielsweise diejenigen, welche am meisten zur Kenntnis der geologischen Verhältnisse Islands beigetragen haben, also Keilhack, Preyer und Zirkel, Thoroddsen, stehen auf dem Standpunkte, daß diese Spalten tektonische seien.

Indessen stimmt ihm v. Knebel durchaus bei und gibt dafür im einzelnen Gründe an. Aus dieser Deutung folgt dann weiter, daß diese Spalten nicht mit Erdbeben in Verbindung zu bringen sind.

Über Kraterrillen Islands bemerkt v. Knebel im wesentlichen Folgendes. „Die großen Lavafelder verdecken die Spalten, von welchen die Lava aus der Tiefe hervorgebrochen ist. Sei es nun, daß die Lava aus verschiedenen Kanälen, sei es, daß sie aus sich öffnenden Spalten ausgegossen wurde, wir wissen jedenfalls nichts über die Art des Hervorbrechens der Lavadecke. Es sei denn, daß sich über den Spalten, aus welchen die Vulkanmassen ausströmten, Kratere aus zerspratzten Lavablöcken und Schlacken gebildet haben. Ist in der Tiefe eine größere Spalte vorhanden gewesen, so müssen diese Kratere, die sich über ihr gebildet haben, eine lineare Anordnung zeigen, und es gibt in der Tat auf Island sehr viele Orte, an denen man Kraterreihen beobachten kann, bei welchen die einzelnen Kraterkegelchen ähnlich den Perlen auf einer Schnur aneinandergereiht sind. Die größte dieser Kraterreihen ist die durch die Beschreibung A. Hellands bekannte Kraterreihe des Laki im Süden der Insel. Andere kleinere Kraterreihen finden sich im Südwesten Islands auf der Halbinsel Reykjanes, ferner in den großen zentralen Lavagebieten nördlich vom Vatna Jökull. Wir wenden uns hier zu einigen Beobachtungen an kleinen Kraterrillen, welche östlich vom Mückensee auftreten. Daselbst sind Reihen von zahlreichen kleinen Kratern vorhanden, die eine schnurgerade Anordnung besitzen.

Solche Kraterrillen hätten an sich nichts Merkwürdiges, wenn nicht in gerader Verlängerung von ihnen Dolinen in der Lava aufträten, die auf langgestreckte Höhlen führen. Wir haben hier die äußerst merkwürdige Tatsache, daß einerseits der Vulkanismus hervorgebrochen ist und die Aschen und Schlacken zu kleinen Kraterkegeln aufgeworfen hat, ferner daß, wie deutliche Lavastandsmarken beweisen, Lava in ihnen emporgestiegen ist, und schließlich, daß wir in unmittelbarer Nachbarschaft jener Eruptionsspalten Höhlen in der Lava antreffen. Als die Lava hervorbrach, konnten unmöglich jene Höhlen vorhanden sein, denn der Vulkanismus hätte nicht hervortreten können, wenn noch Platz in unmittelbarer Nachbarschaft der Eruptionsspalte gewesen wäre. Aber jene Höhlen konnten auch nicht dadurch entstehen, daß etwa Lava irgendwo seitlich ausgebrochen ist. Wir haben ja nicht jene auf schräger Unterlage befindlichen Stromlaven von Feuerbergen vor uns, sondern mehr oder weniger horizontal ausgebreitete, unermeßlich weite Lavadecken. Ferner sind diese Höhlungen in der Lava merkwürdigerweise gerade nur auf die Eruptionsspalten beschränkt, während sie sonst

Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Spalten im Lavafeld von Thingvellir (Logberg).

Jahrbuch XVIII, 1907.
Tafel IV.

Rechts über den Häusern, das südliche Ende der Almannagjá; im Hintergrund der Thingvallasee; Blick nach SO.

doch auch innerhalb der ganzen Lavamassen gleichartig auftreten müßten.

Nun gibt es allerdings Höhlen in der Lava, welche aber einen blasenartigen oder kurz gewundenen Charakter an sich tragen und durchaus anderer Art als diese langgestreckten Gänge sind, welche an diesen Kraterrillen vom Verf. beobachtet wurden.

Es bleibt für diese Verhältnisse nur eine einzige Deutung: nämlich, daß nach erfolgter Eruption Lava in die Tiefe zurückgeflossen ist.

Rückflußerscheinungen von Lava nach erfolgter Eruption sind von vielen Autoren schon vermutet worden. Wir erinnern daran, daß nach Alfons Stübel die Calderen, jene großen kesselförmigen Gebilde, welche die Eruptionskegel tätiger Vulkane vielfach umgeben, auf diese Weise entstanden sein sollen. In einigen Gebieten Süddeutschlands haben W. Branko und E. Fraas den Nachweis geführt, bzw. in hohem Maße wahrscheinlich gemacht, daß infolge teilweisen Rückflusses vulkanischer Massen nach ihrer Emporpressung Becken entstanden sind, wie beispielsweise das vulkanische Ries von Nördlingen und das in so vielfacher Hinsicht interessante Becken von Steinheim in Württemberg.

Verfasser selbst hat bei den Lavavulkanen auf Island auf deutliche Rückflußerscheinungen von Lava hingewiesen. An der Spitze jener Vulkane befinden sich nämlich Becken, welche gewöhnlich als „Krater" bezeichnet werden, wiewohl sie mit echten Krateren gar nichts gemein haben. Man kann vielmehr an ihnen erkennen, daß bereits erstarrte Lavamassen zusammengesackt sind; es finden sich kreisförmige oder annähernd kreisförmige Brüche mit offenen Rissen, längs deren ein stufenförmiges Absinken infolge von Einbrüchen zu erkennen war."

Nach weitern Erörterungen kommt v. Knebel zu folgenden Schlußergebnissen:

1. Wir haben in den Spalten Islands, den Gjár, Zerreißungserscheinungen der Lava, höchstwahrscheinlich infolge von Abfluß glutflüssigen Magmas im Innern der Lavamassen nach der Tiefe.

2. Rückflußerscheinungen finden sich an vielen Vulkanen Islands, insonderheit deutlich ausgesprochen an einigen der Kraterrillen, von denen wir hier zwei besonders interessante herausgegriffen haben. Bei diesen fanden sich infolge von Rückfluß von Magma nach der Tiefe kanalförmig gestaltete Höhlengänge, welche die Eruptionsspalten in gerader Linie fortsetzen.

3. Es gibt zweierlei Spalten, nämlich Zerreißungsspalten (vergl. 1.) und Eruptionsspalten. Die letzten mögen in vielen Fällen präexistierend sein, in andern aber sind sie nachweislich durch die Eruption selbst erst gebildet worden; so bei dem Lavastrome im Hrossadal.

4. Rückflußerscheinungen können sich auch ereignen, ohne daß äußere Spalten oder Kraterrillen zu erkennen wären. Auf solche

Weise entstehen kanalförmige Höhlungen, ähnlich jenen in 4. angegebenen. Dann bilden sich aber Dolinen, welche durch ihre reihenförmige Anordnung eine Kette von Vertiefungen bilden (bei dem Surthellir sind es deren drei), die aber naturgemäß in der Oberflächengestaltung des Terrains sich weit weniger aussprechen.

Die nacheinanderfolgenden Phasen der vulkanischen Tätigkeit auf Island zeichnete auf Grund der bisherigen Beobachtungen Dr. K. Schneider.[1]) Er findet, daß dieselbe immer mehr und mehr im Abnehmen ist. „Im Tertiär ergossen sich die basaltischen Laven über weite Flächen in gleichmäßiger Lagerung und Ausbildung. Während sich ihre Flächenmaße heutzutage gänzlich einer Schätzung entziehen, da wir nicht wissen, welche Massen zur Tiefe gesunken sind, haben wir zur Beurteilung ihrer gesamten Mächtigkeit doch gewisse Anhaltspunkte. Aus ihnen hat man dafür 3000 bis 4000 *m* angegeben. Trotzdem zwischen den einzelnen Basaltdecken oft mehr als 1 *m* mächtige Tuffschichten lagern, so ist doch Lava die überwiegende Förderungsart. Diese war die herrschende Form im jüngsten Tertiär, in welchem der präglaziale Dolerit gefördert wurde. Schon daraus, daß man ihn bis heute auf den Island benachbarten Inselgruppen nicht nachweisen konnte, ergibt sich die räumlich beschränkte Ausdehnung. Stellt man die ohne Zwischenlagerung von Tuffen aufeinanderliegenden Decken den ältern Basalten gegenüber, so kann man sich nicht enthalten, für sie einen hohen Grad von Dünnflüssigkeit vorauszusetzen, welche es den in diesem Magma eingeschlossenen Gasen sehr leicht machte, zu entweichen. Keine von den beiden Lavaarten, weder Basalte, noch Dolerite, modellierten auf Island Bergformen, Kuppen oder Kegel. Konkordant übereinander gelagert bedingten und verursachten sie die Hochflächennatur der Insel. Nur durch spätere Dislokationen wurden Horste herausgeschnitten, welche einen Wechsel von hoch und niedrig, Berg und Tal herbeiführten, soweit nicht fließendes Wasser diese Formen schuf. Eine längere Ruhepause scheint nach dem Hervorquellen des Dolerits eingetreten zu sein. Die Eiszeit hatte eingesetzt, war sogar schon wieder zum Teile im Rückgange begriffen, als eine neue Phase eingeleitet wurde. Heftige Gasexplosionen machten den Anfang. Flüssige Lava, wie bis dahin, war ganz zurückgetreten. In allen Größenverhältnissen wurden die zerborstenen Basalte und Dolerite aufgeworfen. Allzu umfangreich sind — soweit man dies beurteilen kann — die Flächen aber nicht, welche von diesen Massen bedeckt werden. Auffallend bleibt es, daß die Basaltregion fast ganz davon verschont blieb. Nur vereinzelt sind in ihr solche Tuffkegel aufgesetzt. Ein neues Moment in dem vulkanischen Entwicklungsprozesse tritt auf. Die Massen bilden

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 177.

Berglandschaften, die sich allerdings nicht auf einen weiten Umkreis und Ausdehnung erstrecken. Dies ist zunächst auch nicht gut möglich. Wie uns rezente Paroxismen aus den verschiedensten Teilen der Erde lehren, werden bei solchen Förderungsmethoden die feinsten Massen zerstäubt und weithin zerstreut. Nur das grobe und gröbste Material wird in unmittelbarer Nachbarschaft der Ausbruchsstelle zur Ablagerung kommen. Festgehalten muß für Island werden, daß sich diese Explosionsausbrüche fast durchweg in den stark dislozierten Doleritgebieten finden und dazu fast immer in den tiefsten Teilen. Diese vulkanischen Kraftäußerungen mußten zudem katastrophaler vor sich gegangen sein als die der ersten Phasen.

Wieder eine neue Phase folgte. Aus den Tiefen quollen Lavamassen heraus, welche an ihrer Oberfläche Wülste und Schnüre bildeten, bei allem aber in einem Flüssigkeitszustande hervorkamen, daß sie sich dank ihrer Menge flach über weite Strecken ausdehnen konnten. Es sind jene Massen, welche sich heute als Helluhraun repräsentieren und auch dadurch von den Glutbreimassen der frühern Phasen zu unterscheiden sind, daß sie gipfelbildend auftreten, und zwar jene eigenen schildförmigen Vulkane aufbauen, welche dem Hawaitypus angehören, und von denen der Theistareykjabunga im Myvatner Staffelland ein Vertreter ist. Tuffe spielten bei diesen Ausbrüchen gar keine Rolle.

Wieder folgten diesen reine Explosionsausbrüche. Das Explosionsgebiet um den Myvatn fand eine kurze Skizzierung. Die Magmamassen, welche daneben gefördert werden, gewähren den in ihnen eingeschlossenen Gasen nicht mehr die leichten Austrittsmöglichkeiten, diese mußten vielmehr energisch sich einen Ausweg bahnen. Dadurch gaben sie der Lava die eigene Struktur und das Aussehen, das wir in der Apalhraun festlegen konnten.

Bei der geographischen Lage der jüngsten Lavamassen muß nur erwähnt werden, daß sie sich ganz den Verbreitungsgebieten der Tuffe dieser Ausbruchsphase anschließen, und als solche zeigen sich die Gebiete von Reykjanes und Myvatn mit ihrer weiten Umgebung. Welche Stellung das Gebiet westlich des Vatnajökull einnimmt, ist nicht ganz klar.

Aus der kurzen Entwicklungsgeschichte des Vulkanismus auf Island ergibt sich, wie sich dieser immer mehr und mehr einschränkt und auf gewisse Gebiete konzentriert. Welches in der Gegenwart das ausbruchreichste Gebiet ist, läßt sich wohl aus den historisch bekannten Ausbrüchen einigermaßen feststellen. Th. Thoroddsen hat solch eine Übersicht bereits vor langer Zeit gegeben, nachdem schon Preyer und Zirkel einen Vulkankatalog seinerzeit zusammengestellt hatten. Daraus würde sich wohl ergeben, daß das Südland in historischer Zeit öfter heimgesucht wurde als das Nordland. So hatte die Hekla allein 20 nachweisbare Eruptionen, deren letzte in

das Jahr 1845/46 fällt, während im Nordlande Ausbrüche eigentlich erst seit Beginn des 18. Jahrhunderts von drei Stellen berichtet wurden. Dazu kommt noch der Umstand, daß das Südland von Erdbeben sehr häufig heimgesucht wird, welche lähmend auf die Bewohner einwirken. Ob diese isländischen Erdbeben aber in die Kategorie der tektonischen Beben zu stellen sind, wie es Thoroddsen anzunehmen scheint, mag unerörtert bleiben. Die Vermutung liegt wenigstens sehr nahe, sie als vulkanische Beben anzusprechen."

Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln bildete den Gegenstand einer literarischen Studie von Hans Simmer,[1]) welche sich durch höchst sorgfältige und umfangreiche Sammlung und Verwertung des vorhandenen Materials auszeichnet. Im ganzen gibt es hiernach in Afrika und auf den afrikanischen Inseln 17 tätige Vulkane oder Vulkanbezirke, nämlich:

1. auf dem Festlande. a) aktive: Kirunga tscha Namlagira, Kirunga tscha Niragongo (beide in Ostafrika), Teleki (Südende des Rudolfsees), Sugobo oder Andrew (südwestlich vom Rudolfsee). b) intermittierende: Dönje Ngai (Massailand), Orteale (beim großen abessynischen Bruchrande), Dubbi oder Vulkan von Edd (östlich von dem vorigen unter 13° 55′ nördlicher Breite); c) dubioaktive: Meru (Kilimandscharogebiet), Mongo ma Loba (Großer Kamerunberg), Dofane (Abessynien).

2. auf den Inseln. a) aktive: Kartala (auf Großkomoro), Vulkan von Réunion (oder Piron de la Fournaise); b) intermittierende: Fogo (Kapverden), Bezirk der Montañas del Fuego (auf Lanzarote), Bezirk von Fuencaliente (auf Palwa), Bezirk des Pico de Teyde (auf Tenerifa), Arafobezirk (Tenerifa).

Abgesehen von den frühern Epochen fand gegen Ende des Diluviums in vielen Teilen Afrikas und auf vielen Inseln desselben eine sehr rege vulkanische Tätigkeit statt, gegenwärtig aber ist dieselbe sehr schwach, und in Tätigkeit befinden sich nur mehr wenige, sämtlich in der Nachbarschaft erloschener Vulkane. Aber auch bei manchen dieser aktiven Feuerberge scheint die nötige Kraft zum Ausbruche nicht mehr vorhanden, oder die eruptive Tätigkeit bereits bis zum schwachen Solfatarenzustande erlahmt zu sein. Ganz abgesehen von den Inseln stehen die meisten Vulkane Afrikas entweder in versenkten Bruchfeldern, wo die Zersplitterung der Erdkruste besonders stark war (Kilimandscharo, Meru, Kenia, Elgon, Kamerunberg) oder wie auch in vielen andern Erdgegenden am Rande von Einbrüchen und in der Nachbarschaft von Einsenkungen. Schließlich bemerkt H. Simmer: „Da alle Vulkane Afrikas zweifellos

[1]) Münchner Geogr. Studien. Herausgegeben von Sigmund Günther, 18. Stück. 1906.

mit tektonischen Störungen zusammenhängen, was unmöglich ein bloßer Zufall sein kann, und ohne Frage Spaltenbildung und Schollenversenkung als primäre, und vulkanische schöpferische Tätigkeit als sekundäre Erscheinungen zu betrachten sind, so liefern uns die jungvulkanischen Erscheinungen Afrikas einen klaren, schlagenden Beweis dafür, daß Vulkanismus und tektonische Brüche nicht nur in örtlichem, sondern auch in ursächlichem Zusammenhange stehen.

Auch in Afrika begegnen wir der Erscheinung, daß die tätigen Vulkane fast alle entweder an Seen oder nahe am Meere stehen; wir dürfen daraus sicherlich schließen, daß die Nähe größerer Wasseransammlungen günstig auf die Tätigkeit eines vulkanischen Herdes einwirken muß, daß zweifellos zwischen beiden eine Beziehung besteht.

Schließlich sei noch die Tatsache vermerkt, daß auch in Afrika und auf mehrern afrikanischen Inseln, gleich vielen andern Vulkangegenden der Erde, sowohl schon längst erloschene als noch tätige Vulkangebiete öfters seismische Zentren bilden, wie der Kilimandscharo, die Kirungavulkane, der Gurue und anscheinend auch der Kenia. Das Gleiche gilt für das zentrale Vulkangebiet in der Nähe der Hauptstadt Madagaskars, für Madeira und noch mehrere andere Inseln."

Der Gebirgsbau und die Vulkane Sumatras. Aus Veranlassung früherer Forschungen im Ostindischen Archipel hat Prof. Dr. Wilhelm Volz (Breslau) in den Jahren 1904 bis 1906 ausgedehnte Untersuchungen über den Gebirgsbau Sumatras ausgeführt, die zu dem wichtigen Ergebnisse leiten, daß der Norden dieser großen Insel von dem mittlern und südlichen Teile in wesentlichen Punkten abweicht, und daß die jungen Vulkane zwar in Zertrümmerungsgebieten liegen, aber unabhängig von präexistierenden Spalten sich ihre Auswege selbst gebahnt haben. In der Sitzung der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften am 7. Februar wurde durch Prof. Branco ein vorläufiger Bericht des Prof. Volz über seine Reise und deren Hauptergebnisse vorgelegt, und entnehmen wir demselben folgendes[1]):

Prof. Volz verließ im Frühjahre 1904 Deutschland und langte im Mai auf der Ostküste Sumatras an, wo es ihm dank der Unterstützung der holländischen Regierungsvertreter möglich wurde, seine Untersuchungen auch über das bislang unbekannte, erst neuerdings dem holländischen Gouvernement einverleibte Nordsumatra auszudehnen. Seine Reisen erstreckten sich im wesentlichen auf das Gebiet im Westen des 100. Grades östlicher Länge von Greenwich, und er hat während derselben etwa 6000 *km*, stets zu Fuß, zurückgelegt.

Die Schilderung der Einzelheiten dieser überaus mühevollen Reisewege kann hier übergangen werden, die Hauptergebnisse der-

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wiss. 1907. VI. p. 128 ff.

selben, soweit sie heute übersehbar erscheinen, sind nach Prof. Volz folgende:

„Nordsumatra unterscheidet sich von Mittel- und Südsumatra in sehr erheblichen Punkten: durch die große Bedeutung, welche die malaiische Formation und speziell das Urgebirge für den geologischen Aufbau hat, durch die beträchtlichen Meereshöhen, die das Sedimentgebirge erreicht (bis über 2500 *m*), sowie durch die Armut an jungen Vulkanen. Man kann von Nordsumatra über Mittel- und Südsumatra nach Java, ja auch den kleinen Sundainseln, eine gleichmäßige Verschiebung dieser Momente beobachten: je mehr die Bedeutung des alten Gebirges abnimmt, desto geringer wird die Maximalmeereshöhe des Sedimentgebirges überhaupt, desto mehr nimmt die Bedeutung des jungen Vulkanismus zu; man dürfte nicht fehl gehen, wenn man auch einen innern Zusammenhang vermutet.

„Der 100. Längengrad bildet für Sumatra eine auffallende und bedeutsame Scheide: ihm etwa folgt, quer durch Sumatra von Norden nach Süden der Abbruch des nordsumatranischen Gebirges; an ihm schneidet die etwa 175 bis 225 *km* breite mittel- und südsumatranische Küstenniederung scharf ab, und weiter westlich liegt dem Gebirge nur ein schmaler Flachlandsstreifen vor. Hier also liegt die natürliche Ostgrenze von Nordsumatra . . ."

Zwei gegen Südwesten gerichtete Bogen ließen sich im alten Hochgebirge von Sumatras Westküste verfolgen: der Padanger Bogen und der Tapanulibogen; letzterer setzt sich zwischen dem 99. und 100. Längengrad durch das unabhängige Battakland nach Norden hin fort als Unterlage der jüngern Bildungen; mächtige Quarzite und Grauwackenschiefer mit nordsüdlichem Streichen fand Prof. Volz im nördlichen Habinsaran über 1000 *m* sich erhebend, begleitet von Graniten und Syenitgraniten. Das südliche Habinsaran, Padang Bolak und Padang Lawas wird im wesentlichen von Tertiärsedimenten eingenommen, durchbrochen von mächtigen Zügen tertiärer Porphyrite. Das anstoßende mittelsumatransiche Flachland gehört bereits dem Quartär zu. An der Grenze von Habinsaran und Asahan liegt ein mächtiger Altvulkan von etwa 2100 *m* Höhe, der Dolok Surungan, welcher wahrscheinlich dem jüngsten Tertiär zuzurechnen ist, mit dem Ende seiner Tätigkeit aber wohl noch in das Diluvium hineinreichte. Alle diese Gebiete werden von diluvialen Quarztrachyttuffen eingedeckt, so daß nur die höhern Bergzüge frei bleiben.

Eine große Bedeutung gewinnen die jungtertiären und zum Teile wohl noch diluvialen Andesite und Porphyrite im Gebiete des Tobasees; sie bilden, sich etwa 500 *m* über seinen Spiegel erhebend, seine östliche Umrandung, ebenso wie sie das sich südlich anschließende dreieckige Tal von Silindung umfassen und bilden.

Im Westen des Tobasees treten die Ketten des alten Hochgebirges wieder in Erscheinung; von 300 bis 500 *m* mächtigen Quarz-

trachyttuffen bedeckt, bilden Quarzitschiefer und harte Tonschiefer das westliche Seeufer. Langgestreckte, parallele Schieferketten mit SO—NW-Strichen durchziehen das westlich des Tobasees gelegene Land der Pakpaks und zeigen im Westen, an ihrem Abbruche gegen die breite, sich über 80 *km* ins Land hineinziehende Niederung von Singkel deutlich die Tendenz, in ihrem Streichen nach Norden umzubiegen. Ausgesprochen ist dies Verhalten an der nördlichsten dieser Ketten zu beobachten, der Si Buatankette, welche die Grenze zwischen dem Pakpak- und Karolande bildet und im Si Buatan eine Höhe von etwa 2250 *m* erreicht." Man hat also hier einen neuen Bogen des alten Hochgebirges, den Prof. Volz als Battakbogen bezeichnet.

„Tertiärsedimente nehmen das ganze nördlich der besprochenen Gebiete liegende Stück der Insel ein und bilden auch den Untergrund der Karohochfläche. Als breiter Streifen, oft von jüngern Bildungen verdeckt, ziehen sie sich der Küste folgend bis zur Nordspitze der Insel.

Die ganzen Battakländer sind eingedeckt durch Quarztrachyttuffe, deren Mächtigkeit in der Nähe des Tobasees auf 400 bis 500 *m* und darüber steigt. Es ist dies ein Gebiet von etwa 35 000 *qkm* Größe, etwa so groß wie Baden und Württemberg zusammen. Die Bedeckung ist derart, daß in den mehr randlichen Gebieten, wo die Mächtigkeit der Tuffe nicht gar so groß ist, nur die Täler von den Tuffen erfüllt werden, während die Bergzüge durchragen, in den zentralen Teilen hingegen sind bisweilen große Strecken völlig verhüllt. „Das Alter dieser Tuffe läßt sich aus den großartigen Terrassensystemen, die man allerorts beobachten kann, gut festlegen: sie sind etwa mitteldiluvial. Es bleibt die Frage nach der Herkunft. Daß der Tobasee selbst als Vulkanruine nicht angesprochen werden kann, erhellt aus den Tatsachen schon von selbst. Noch deutlicher aber wird es, wenn wir sehen, wie die Mächtigkeit der Tuffdecke selbst in der Nähe des Sees wechselt. Wir haben eine ganze Reihe von Ausbruchsstellen anzunehmen, die teils im und am Tobagraben liegen, teils aber auch in der weitern Nachbarschaft; es sind zum Teile Kegelberge, zum Teile aber auch Eruptionsstellen, an denen es zur Kegelbildung nicht gekommen ist; dadurch erklärt sich auch die nähere, lappige Form des tuffbedeckten Gebietes von selbst. So stellt sich uns die Quarztrachytproduktion als eine im wesentlichen rasch vorübergegangene Periode intensivster Tätigkeit dar. — Der Tobasee ist ein jüngerer Einbruch im Tuff, gewissermaßen eine Reaktion; er ist etwa 3000 *qkm* groß und hat eine Sprunghöhe von 800 bis 1000 *m*. Ursprünglich stand sein Wasserspiegel um 160 *m* höher, was sich aus wundervollen Terrassen, besonders an seinen südlichen Ufern feststellen läßt.

Südlich des Tobasees haben wir ein großes Granitmassiv, während in der Niederung von Singkel Tertiärsedimente zur Ablagerung gekommen sind. Diese Niederung wird durchflossen vom Simpang

kanan und kiri, dessen rechter Quellfluß das Alasland entwässert, während der linke dem Pakpakgebiet entströmt. Hier geht ein merkwürdiger Schnitt quer durch Sumatra von Süden nach Norden: folgt man dem Stromsysteme des mächtigen Simpang kiri oder Lawe Alas aufwärts, so kommt man in gerader N—S.-Richtung auf ebenem Boden, der allmählich bis gegen 200 *m* Höhe ansteigt, bis an den Fuß der nördlichen jungen Porphyritkette des Serbölangits und würde ohne diese die Meeresküste ohne weitere Steigung erreichen, d. h. mit andern Worten: ein auffallender Tieflandstreifen durchschneidet hier Sumatra quer, nur unterbrochen durch eine recht junge Kette massigen Gesteines."

Prof. Volz schildert dann das alte Hochgebirgsland des eigentlichen Nordsumatra, das Gajoland, mit seinen drei mächtigen Kettensystemen, die den von ihm sogenannten Gajobogen bilden, dann die Parallelkette des Intem-Intem-Systemes und schildert schließlich die Entstehung der heutigen Insel wie folgt:

„Das alte Hochgebirge verdankt sein heutiges Antlitz zwei Perioden tektonischer Tätigkeit: in alter Zeit wurde es gefaltet, aber vor Beginn des Oberkarbons wieder bis auf die Granitkerne denudiert: es bildeten sich auf dem flachen Schilde die Kalkgrade. Es herrschte (im wesentlichen) Ruhe bis nach Ablagerung der Trias. Dann fand im jüngern Mesozoikum eine neue großartige Gebirgsbildung statt, die sich als horizontaler Schub auf den alten Rumpf äußerte: der Rumpf wurde in einer Reihe von Schleppbogen nach Süden weiter und weiter vorgeschoben. Daß die Bogenbildung erst im Mesozoikum stattfand, zeigen die Lagerungsverhältnisse von Karbon und Trias. So haben wir den Gajobogen, Battakbogen, Tabanulibogen und Padanger Bogen, weiterhin ist ein Korintjibogen leicht zu erkennen und ein großer südsumatranischer Bogen wahrscheinlich. Jeder dieser Bogen ist weiter nach Süden vorgeschoben. Die heutige Westküste markiert diese Bogen, wenn auch nicht genau. Je weiter nach SO, desto schmaler wird der erhaltene Teil des alten Rumpfes, desto mehr versinkt er aber auch.

Der Altvulkanismus durchbrach den ganzen Rumpf, der Jungvulkanismus beschränkt sich auf das innerste (nördliche) Kettensystem. Man hat zu unterscheiden: ältere Andesite, Porphyrite und diabasartige Gesteine des Tertiärs, jüngere Andesite, welche auf der Grenze von Tertiär und Diluvium etwa stehen, Trachyte, die aus dem Diluvium bis ins Alluvium reichen, und jüngste Andesite. Die jungen Vulkane queren im Battaklande die Insel und folgen dann nach Art eines neuen Vulkanbogens der Nordküste. Nur kurz möchte ich auf die zahlreichen großen und kleinen, zumeist jüngern und jüngsten Einbrüche hinweisen, welche allenthalben in der Nachbarschaft der Vulkane auftreten, ein Zusammentreffen, daß einen innern Zusammenhang unabweisbar erscheinen läßt: die Einbrüche sind Ursache und Folge der Ausbrüche. Die Jungvulkane stehen zwar

in Zertrümmerungsgebieten, sie sind aber nach meinen Beobachtungen unabhängig von präexistierenden Spalten oder Brüchen; der Vulkanismus ist dagegen imstande, selbst längere oder kürzere Spalten sich zu schaffen.

Das Känozoikum war tektonisch im wesentlichen eine Zeit der vertikalen Zertrümmerung der Insel und speziell des alten Rumpfes, die Faltungserscheinungen spielen eine minder bedeutende Rolle. Welche Beträge die vertikale Dislokation annehmen konnte, zeigt unter anderm das Beispiel des Alaslandes: hier haben wir (in einer Meereshöhe von 200 bis 300 *m*) keine Tertiärsedimente, während in der nächsten Nachbarschaft sich neogene Kalke in etwa 1700 bis 1800 *m* Meereshöhe finden. Die Sprunghöhe der Dislokation ist also über $1^1/_2$ *km*."

Der Ausbruch des Matavanu auf Savaii. Prof. Sapper hat gemäß den Aufzeichnungen mehrerer Beobachter, die an Ort und Stelle weilten, eine genauere Darstellung des Vorganges liefern können[1]), die in folgender Zusammenfassung gipfelt:

„Der Ausbruch erfolgte an der Stelle einer ehemals waldbedeckten Talsenkung, in der die Samoaner früher verwilderte Schweine gejagt hatten, und die sie Matavanu nennen. Die Entfernung des Ausbruchsortes von der Küste beträgt etwa 12 *km*; die Höhe gibt Dr. Funk zu 600 (Dr. Linke zu 620) *m* an. Anfänglich war die Ausbruchstätigkeit explosiver Art, und es wurde durch die lockern Auswürflinge ein Hügel aufgeschüttet. Bald trat auch Lavaausfluß dazu (vom 9. August 1905 an), am 6. Dezember 1905 erreichte die Lava erstmals die Küste, andere Lavaströme folgten, Ende Dezember 1905 und von Ende Januar bis Mitte August 1906. Ob Ende August die Lava noch weiter floß, ist aus den Berichten nicht mit Sicherheit zu entnehmen; Anfang und Mitte September sind aber neue Lavaströme bis zur Küste herab vorgedrungen; es hat ein mehrfaches Auffrischen und Wiederabflauen der Lavaförderung stattgehabt.

Am 1. April 1906 wurde festgestellt, daß sich im Innern des Kraters ein Lavasee gebildet hatte, der teils über die Ränder hinweg, teils durch unterirdische Hohlräume abfloß. Dieser Lavasee hatte während des letzten Besuches (9. September 1906) eine energische Geiserbildung gezeigt. Mit dem Anwachsen der Lavaförderung war die explosive Tätigkeit allmählich zurückgegangen und spielte im Jahre 1906 keine bedeutendere Rolle mehr.

Eine von einem Herrn in Savaii angefertigte, von F. S. Archenhold veröffentlichte Skizze zeigt die Ausdehnung der Lava Ende August 1905, Mitte Dezember 1905 und Anfang Februar 1906. Nach einer von W. v. Bülow[2]) veröffentlichten Karte von Savaii war dann die Lava bis Mitte März bereits bis über Saleaula vorgerückt, und eine Skizze von Dr. Funk von Anfang September 1906 zeigt eine noch etwas weitere Ausdehnung der Lava zu beiden Seiten der Küste. Ob es möglich gewesen wäre, die seitliche Ausbreitung der Lavamassen zu hemmen durch Errichten von Steinwällen, wie Jensen meint (Samoanische Zeitung vom 18. August 1906), oder durch ausgedehnte Riffsprengungen, wie Dr. Grevel denkt (Samoanische Zeitung vom 30. Juni), vermag Verf. bei seiner ungenügenden Kenntnis der Terrainbeschaffenheit und der strömenden Lavamassen nicht zu entscheiden. Es scheint ihm aber, als ob die Lavamassen zu bedeutend gewesen wären, als daß sie durch die genannten Mittel dauernd von ihrem Laufe hätten abgelenkt werden können.

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1906. Heft 10. p. 686.
[2]) Globus **90**. p. 23.

Obgleich die Lava mit Vorliebe sich auf dem Riffe längs der Küste hinbewegte, sind doch auch große Mengen ins Meer geflossen und haben daselbst da und dort kleine Vorsprünge (tolotolo) gebildet, die der Küste ein verändertes Aussehen gewähren. Die Neigung des Lavastromes, sich auf dem Riffe weiter zu bewegen, anstatt sich über dieses ins Meer zu stürzen, erklärt Dr. Reinecke — zweifellos richtig — damit, daß die Berührung mit der aufschäumenden Riffbrandung dem weitern Vordrängen der Lava in Gestalt einer sofort erstarrenden Wand eine natürliche Grenze setze, wodurch der Strom gewissermaßen ein Bett zwischen dieser Riffwand und dem ansteigenden Küstenlande in Niveauhöhe erhalte.

Die Lava ist, wie aus den Berichten über ihr Vorrücken und aus einigen der eingeschickten Gesteinsproben hervorgeht, dünnflüssig; sie bewegte sich deshalb auch auf geneigtem Gelände sehr rasch. Freilich ist gerade diese Bewegungsgeschwindigkeit nur an der Küste einmal genau gemessen worden (Februar 1906: 7 *m*, bzw. 5 *m* in der Stunde); sonst aber liegen nur Schätzungen vor, die naturgemäß sehr unsicher sein müssen. Bemerkenswert groß war die Geschwindigkeit der Lava nahe ihrem Austrittsorte auf stark geneigtem Gelände, wenn auch die Schätzung Dr. Linkes vom 9. September 1905 (einige Meter in der Sekunde) etwas hoch gegriffen sein mag.

Eine Folge der Dünnflüssigkeit ist die Entstehung von Lavahöhlen und Gängen, wie solche von W. v. Bülow, Dr. Grevel und andern beschrieben worden sind. Das häufige Vorkommen von Lavahöhlen in den ältern Lavafeldern Savaiis zeigt, daß auch früher die Lava oft dünnflüssig gewesen sein muß.

Daß die Lava von 1906 sehr reich an Gasgehalt ist, zeigen nicht nur manche der eingeschickten Gesteinsproben, sondern auch direkte Beobachtungen, die in der Samoanischen Zeitung vom 10. Februar 1906 mitgeteilt sind. Es heißt nämlich daselbst: „Am Samstag Vormittag erfolgte eine Explosion mitten im Lavastrome auf dem Riffe, vermutlich weil in Höhlen der Lava Dämpfe sich angehäuft hatten, deren Entweichen bei zu stark werdender Pressung die Explosion verursachte. Begleitet wird diese Erscheinung von einem furchtbaren Lärme des entweichenden Dampfes, einem durchdringenden Schwefelgeruche und dem Emporschleudern von zahllosen Lavastücken in die Luft. Solche Explosionen erfolgen von Zeit zu Zeit je nach Intensität der Tätigkeit der Lava. Zeitweilig strömen auch Dampfmassen aus den Spalten in der Lava aus, was regelmäßig durch stark zischendes Geräusch längs des ganzen Lavastromes angekündigt wird. Die Färbung der aufsteigenden Dämpfe wechselt von einem fast schwarzen Qualme durch zahllose Abstufungen von Gelb bis zum reinsten Weiß."

Indem die Lavamassen in das Meer fließen, wird das Wasser naturgemäß energisch erhitzt. Die Samoanische Zeitung vom 10. Februar 1906 berichtet: „Bis auf eine ziemlich weite Entfernung vom Lavastrome ist das Wasser kochend heiß, und hart an der Lava wallt es vor Hitze sogar auf. Die Lava selbst ergießt sich aus Rissen in den Strom in flüssiger Form etwa wie flüssiger Leim in hellroter Färbung; wenn sie das Wasser berührt, steigen Dampfwolken auf."

Amtmann Williams berichtet sogar (Samoanische Zeitung vom 6. Januar 1906), daß alle Aale und sonstigen kleinen Fische in der Nähe der Lava gekocht wären und von den Eingeborenen speisefertig gefangen würden.

Die Wechselwirkungen zwischen Lava und Meerwasser laufen aber nicht immer so ruhig ab; zeitweise kommt es auch zu energischen Wasserdampfexplosionen und zu geiserartigen Erscheinungen. Über letztere berichtet H. J. Jensen in der Samoanischen Zeitung vom 18. August 1906: „Da wo die Lava in die See fließt, hat sich eine Art Geiser gebildet. Etwa alle Minuten kommt ein Schauer Steine, und eine außerordentlich große Dampfwolke wird in die Luft gewirbelt. Mancher hat deshalb gedacht, daß es ein anderer Krater wäre. Dem ist aber nicht so: die geschmolzene Lava fällt über ein Riff in tiefes Wasser. Natürlich bildet sich Dampf unter und über dem siedenden Lavafalle, und wenn

sein Druck groß genug wird, bricht er durch und wirbelt eine Masse Steine in die Luft." Es ist sehr zu bedauern, daß diese interessanten Vorgänge nicht genauer beschrieben und untersucht worden sind.

Über die Masse der geförderten Lava wird sich nie eine sichere Angabe machen lassen, da die frühere Topographie des überdeckten Gebietes nicht hinreichend bekannt ist. Deshalb stehen auch Schätzungen wie die von Mr. Jensen (mehr als eine — englische — Kubikmeile) in der Luft. Auch über die Dicke des Lavastromes an der Küste sind noch wenige genauere Angaben bekannt; am 6. Januar wurde ihre Dicke zu 4.50 *m* angegeben, und später erwähnt W. v. Bülow kurz, daß sie bis 12 *m* erreiche.

Die Lava ist teils als unmittelbarer Ausfluß des im Krater entstandenen Lavasees zu Tale gegangen, teils ist sie aus besondern Öffnungen in der Nähe des Kraters hervorgekommen. Die Samoanische Zeitung vom 10. Februar 1906 berichtet: „Nur hin und wieder konnte (von Osten aus) beobachtet werden, wie die Lava über den Kraterrand herabfloß; dieselbe findet vielmehr ihren Ausweg durch zwei an der Basis des Kegels gelegene Stellen, davon eine sich östlich, die andere sich nördlich befindet."

Sehr viel wichtiger wäre es, wie Prof. Sapper betont, zu wissen, ob die Ausbrüche in absehbarer Zeit aufhören dürften, oder ob diese unheilvollen Vorgänge sich weiter fortsetzen werden. Jedoch gerade diese bedeutungsvolle Frage könne man nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens absolut nicht beantworten; denn es gebe auf der Erde kaum etwas, über dessen tiefere Ursachen wir so wenig Zuverlässiges wissen, wie vulkanische Ereignisse. Darum trügen auch alle Prognosen den Stempel völliger Unzuverlässigkeit an sich. Wohl könne man durch die Ereignisse zu einem gewissen Urteile über den weitern Verlauf der vulkanischen Tätigkeit sich hingedrängt fühlen, — aber man müsse sich doch stets darüber klar sein, daß es ebenso gut anders kommen könne, als man für wahrscheinlich hält.

Wenn Dr. Linke, dessen Mitteilungen und Untersuchungen zweifellos sehr dankenswert und wertvoll gewesen sind, mit seinen Ansichten über die zu erwartenden vulkanischen Ereignisse anfänglich zuviel Optimismus verraten habe, so sei es ihm ebenso ergangen, wie es jedem ergehen kann, der versucht, vulkanische Ereignisse vorherzusagen. Dasselbe geschah später (1906) den Herren Dr. Grevel und H. J. Jensen, als sie glaubten, daß die vulkanische Tätigkeit einem langsamen Ersterben entgegengehe, während doch nicht lange danach wieder ein unerwartetes Auffrischen derselben eingetreten sei. Jensen glaubte sogar sagen zu dürfen (Samoanische Zeitung vom 18. August 1906), daß vielleicht in 35 oder 111 Jahren wieder ein Ausbruch stattfinden dürfte. Demgegenüber möchte aber Prof. Sapper wiederum darauf aufmerksam machen, daß bisher keinerlei Abhängigkeit der vulkanischen Erscheinungen von irgend welchen andern Naturereignissen sicher nachgewiesen ist, und daß deshalb auch keinerlei Prophezeiungen begründete Ansprüche auf Glaubwürdigkeit haben können. Jensen selbst habe zwar früher auf Grund eines ganz ungenügenden statistischen Materials nachzuweisen versucht, daß vulkanische Ereignisse mit Zeiten von Sonnenfleckenminima zusammenfallen, habe aber bald darauf zugeben müssen, daß vulkanische und seismische Geschehnisse auch vielfach auf Zeiten von Sonnenfleckenmaxima fallen, und er hätte hinzufügen dürfen, daß sie nicht selten auch auf die Zwischenzeiten zwischen den Maxima und Minima der Sonnenflecken fallen.

Während Mr. Jensen an ein Zusammenfallen der vulkanischen Ereignisse mit Sonnenfleckenmaxima und -minima glaubt, nimmt Dr. Linke (Samoanische Zeitung vom 18. August 1906) an, daß ein Zusammenhang zwischen vulkanischen Ereignissen und magnetischen Störungen bestehe, und sah, sich durch Überlegungen allgemeiner Art über Abhängigkeit vulkanischer und magnetischer Erscheinungen von der Sonnenfleckenfrequenz zu Voraussagungen gedrängt. Nun ist ja, bemerkt Prof. Sapper, richtig, daß magnetische Störungen und vulkanische Ereignisse nicht selten zusammenfallen, so beim Ausbruche des

Mont Pelé am 8. Mai 1902 und beim Beginne des Matavanuausbruches am Anfange des August 1906; sehr häufig fielen aber vulkanische Erscheinungen und magnetische Störungen auch nicht miteinander zusammen, so daß es also nach dem jetzigen Stande unseres Wissens nicht angehe, auf Grund theoretischer Erwägungen über den Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und magnetischen Störungen auf kommende vulkanische Ereignisse zu schließen.

Dr. Reinecke ist der Ansicht, daß die „vorherrschenden oder jeweilig maßgebenden Luftströmungen nicht nur indirekt, sondern auch ganz unmittelbar die vulkanische Tätigkeit beeinflußten"; jedoch scheint Prof. Sapper zwar der indirekte Einfluß unbestreitbar und nachgewiesen, der direkte aber höchst zweifelhaft, so daß damit wohl nicht zu rechnen sein werde.

Auch Erdbeben sind, wie Sapper betont, keine sichern Indikatoren kommender vulkanischer Ereignisse; denn wenn auch in der Tat, wie P. Mennels und Dr. Linkes Beobachtungen zeigen, der Ausbruch von 1905 sich durch eine größere Zahl und Energie der Erdbeben ankündigte, so seien doch andernfalls den von Dr. Linke zu Anfang Januar (besonders am 3. Januar $4^h\ 46^m$ vormittags) beobachteten heftigern Beben keine nennenswerten Änderungen der vulkanischen Tätigkeit gefolgt. Bemerkenswert ist, wie Prof. Sapper bemerkt, die Mitteilung Dr. Funks, daß seit seiner Ankunft auf Samoa (1880) daselbst kaum ein Monat ohne leichte Erderschütterungen vergangen sei; dieselben kamen fast alle aus der Richtung SSW., wie man bei Windstille aus dem fernen Rauschen im Walde hören konnte. Seit etwa zwei Jahren aber spüre man die Beben aus dieser Richtung nicht mehr.

Die wirtschaftlichen und sozialen Folgen des Ausbruches, schloß Sapper, sind sehr bedeutend gewesen. Die primären explosiven Erscheinungen und die sie begleitenden Auswürfe von Aschen und Bomben haben sich zwar in einem ziemlich entlegenen und wirtschaftlich wenig benutzten Gebiete abgespielt und haben daher keine große Tragweite erlangt. Aber die Lavamassen haben große Flächen fruchtbaren Landes für unabsehbare Zeit in ertraglose Wüsten verwandelt, haben viele Gebilde menschlicher Hand, Häuser, Brücken, Wege usw. zerstört und verhältnismäßig große Menschenmengen zur Auswanderung nach dem Ostteile der Insel (Faasalelaaga) gezwungen."

Die vulkanischen Bildungen Hawaiis sind von Prof. W. Pickering studiert worden.[1]) Dort gibt es, nach seiner Darlegung, eine beträchtliche Anzahl Krater des Einsturztypus, die sich von den Kratern des Explosionstypus, der im südlichen Europa so wohl entwickelt ist, unterscheiden. Bei diesem letzten Typus erscheint ein hoher, abgestumpfter Kegel, aufgebaut durch leichte Dampf- und Ascheneruptionen, die bisweilen mit Lavaergüssen abwechseln. Im Verlaufe langer Zeiträume kommen gelegentlich auch heftige Explosionen vor, durch welche bisweilen ein großer Teil des Gipfels fortgeblasen, und die Gestalt des Vulkans wesentlich verändert wird. Eine solche Dampfexplosion des Vesuvs war es, welche den Untergang von Pompeji verursachte, und eine ähnliche noch heftigere ereignete sich 1883 beim Krakatau.

Man kann die irdischen Vulkane je nach ihrem Baue in drei Klassen unterscheiden a) Tuffkegel, die aus verhärtetem vulkanischen Schlamme bestehen, b) Aschenkegel, aus Schlacke, Rapillen und vulkanischem Sande bestehend, und c) Lavavulkane, aus zusammenhängenden Lavamassen gebildet. Repräsentanten sämtlicher drei

[1]) Memoirs of the American Academie 1906. **18.** — Gaea 1907. p. 143 ff.

Klassen finden sich auf Hawaii. Einige Vulkane, wie z. B. der Vesuv, liefern sowohl Aschenausbrüche als Lavaergüsse. Die dritte Klasse kann wiederum in vier Unterabteilungen geteilt werden: Kraterkegel, Kratergruben, Kraterringe und Kraterbecken. Die Lavakegel, obgleich bisweilen von geringer Größe, liefern bei ihren Ausbrüchen häufig beträchtliche Lavamengen, die in Gestalt breiter Ströme sich meilenweit erstrecken können. Die Lavagruben treten auf den Hawaiinseln am zahlreichsten auf, zeigen nach außen keine Wälle und bestehen einfach aus einer in den Boden eingetieften Höhle, die bisweilen vertikale Wände zeigt, die zu einem flachen Grunde führen, in andern Fällen aber nach unten konisch zuläuft. Kraterringe kommen am seltensten vor (und ähneln den größern Mondkratern), sie haben einen flachen Boden und außen wie innen abgeschrägte Wälle. Die Kraterbecken unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß ihr Inneres nicht flach, sondern konkav ausgehöhlt ist. Außer den Kratern kommen noch zahlreiche andere vulkanische Bildungen vor, wie Lavahöhlen, Spalten, Lavablasen, d. h. Höhlungen, die von einer festen Masse umhüllt werden.

Beim Einlaufen in den Hafen von Honolulu erblickt man sofort zwei sehr augenfällige vulkanische Formationen, die eine unter dem Namen Diamondkopf, die andere als Punschbowle bekannt, erstere äußerlich einem Mondkrater ähnlich. Der höchste Punkt ihres Walles erhebt sich 761 Fuß über den Seespiegel, während der Durchmesser des Kraterwalles 3200 bis 3700 Fuß mißt. Im Innern der Kraterfläche, etwas seitlich vom Zentrum derselben findet sich ein kleiner See, der bisweilen trocken ist, und der ringsum von dichtem, dornigem Gesträuche umgeben wird. Innerhalb des Kraters fand sich eine Art fossiler Muscheln, die offenbar mit dem Eruptionsmaterial vom Boden des Meeres heraufgebracht worden sind, als der Krater noch tätig war. Am zahlreichsten finden sich unter den Kratern Hawaiis die Aschenkegel. Sie besitzen alle charakteristischen Eigentümlichkeiten der Explosionsvulkane wie der Vesuv, obgleich ihre Krater im Verhältnisse zur Höhe größer sind als bei diesem. Soviel Professor Pickering weiß, finden sie kein Analogon auf dem Monde. Dagegen sind die Lavavulkane in mancher Hinsicht den Mondkratern sehr ähnlich. Die Unterabteilung der Lavakegel wird treffend durch den Mauna Loa repräsentiert, den bei weitem größten Vulkane der Erde. Er und Mauna Kea sind auch unsere höchsten Vulkanberge, wenn man die Höhe von der Basis aus mißt, denn diese liegt bei den Hawaiivulkanen 15 000 Fuß unter dem Spiegel des Meeres. In geschichtlicher Zeit ist aus dem Gipfelkrater des Mauna Loa niemals Lava abgeflossen, wohl aber unterhalb desselben in ungeheuern Mengen, besonders auf der nordöstlichen Seite. Die Hauptmasse des ganzen Berges scheint durch solche Lavaergüsse aufgebaut zu sein, genau so wie beim Ätna auf der Insel Sizilien. Charakteristisch für diese Berge ist, daß ihre Abhänge weit sanfter geböscht sind

als diejenigen der Aschenkegel, und dies gilt besonders für den Mauna Loa.

Von den drei großen Repräsentanten des Einsturztypus unter den Kratern Hawaiis sind Mokuaweoweo der Krater auf dem Gipfel des Mauna Loa und der Kilauea ohne Kegel, während Haleakala stellenweise einen gut definierten Abhang nach außen zeigt. Nähert man sich dem großen Krater Mokuaweoweo, so kündigt nichts denselben an, bevor man an seinem Rande steht. Er hat 3.7 zu 1.7 engl. Meilen im Durchmesser und 300 bis 400 Fuß Tiefe und besteht aus drei zusammengeflossenen Kratern, von denen der mittlere der größte ist. Die innere Kraterfläche ähnelt sehr einem Mare auf dem Monde. Der Kilauea ist leichter erreichbar als der Mokuaweoweo und besteht aus einer schwarzen Lavaebene von 2 bis 3 Meilen Durchmesser, allerseits von steilen, oft vertikalen Abhängen umfaßt, die 200 bis 500 Fuß Höhe haben, und ihre Oberfläche ist, wie Professor Pickering besonders bemerkt, vermutlich konvex. Halemaumau (d. h. Haus des ewigen Feuers) stellte sich beim Besuche Professor Pickerings dar als fast kreisrundes, 2000 Fuß im Durchmesser haltendes Loch mit vertikalen Abhängen und vielleicht 500 Fuß tief. Das Innere zeigte sich als eine verhältnismäßig glatte Lavafläche, hier und da von schmalen Brüchen durchzogen, die nachts hellrot leuchteten. Daß sie wenige Zoll unter der Oberfläche glühendflüssig ist, lehrte ein zufälliger, kleiner Ausbruch, bei dem ein Lavastrom von 5 bis 10 Fuß Breite etwa 20 bis 80 Fuß über die Fläche floß, wenige Minuten glühte und dann erkaltete. Der Krater wird stufenweise von einem unterirdischen Zuflusse gefüllt, die Tiefe der Gruben wurde 1902 noch auf 1000 Fuß geschätzt, und die untern Teile des Abhanges, die jetzt schon gefüllt sind, hatten eine konische Form.

Halemaumau bildet das Zentrum der vulkanischen Tätigkeit des Kilauea. Es ist keine Eruption des letztern bekannt, bei der die Wälle desselben überflutet worden wären, obgleich die Lava bisweilen aus Rissen oben an der Seite ausbrach. Wenn der Halemaumau sich leert, so geschieht dies stets auf unterirdischem Wege, wobei bisweilen die Oberfläche erreicht wird, aber gewöhnlich füllt sich ein unterirdischer Raum, oder die Ausladung erfolgt unter dem Spiegel des Meeres. Wenn der Halemaumau tätig ist, so bietet er einen über alle Beschreibung großartigen Anblick dar, besonders nachts. Innerhalb und außerhalb desselben erscheinen Seen von glühendflüssiger Lava, über denen zahlreiche Feuerfontänen 10 bis 50 Fuß hoch emporspringen. Zuzeiten wird die Oberfläche dieses Feuersees fest, allein plötzlich läuft ein Riß über dieselbe, und in wenigen Minuten ist die feste Decke zertrümmert, und die Stücke verschwinden bald unter der glühendflüssigen Fläche. Diese verfestigt sich wieder, aber in wenigen Stunden wiederholt sich der geschilderte Vorgang von neuem.

Prof. Pickering gibt eine Zusammenstellung der innerhalb der letzten 40 Jahre (seit das Hotel auf dem Kilauea besteht) beobachteten Bildungen dieser Art. Wenn die Lava sich so hoch hebt, daß sie überfließt, so bildet sie bei der Erkaltung einen großen, kreisrunden Wall wie ein ungeheurer Kuchen, und eine solche Bildung ist auch auf dem Monde bekannt, aber in ungeheuer viel größerem Maßstabe.

Neuer Vulkan in den chilenischen Kordilleren. Dr. Steffen berichtet über die Eruption eines neuen Vulkans.[1]) „Als Sitz dieser Eruption wurde anfangs der Vulkan Puyehue bezeichnet, der in 40° 35′ südl. Br. auf einem westlichen Kordillerensporn gelegen ist und als erloschen gilt. Genauere Untersuchungen haben aber ergeben, daß der Puyehue sich nach wie vor in vollkommener Ruhe befindet, daß dagegen etwas weiter nördlich, in den Kordilleren östlich vom Rancosee (in ungefähr 40° 20′ südl. Br.), ein neuer Vulkan im Entstehen begriffen ist, den man jetzt in den Berichten gewöhnlich mit dem der benachbarten Örtlichkeit anhaftenden Namen Riñinahue bezeichnet. Da es sich um einen wenig bekannten Kordillerenwinkel handelt, der auch von den Grenzkommissionen seinerzeit kaum berührt worden ist, so läßt sich die Lage des neuen Kraters vorderhand schwer präzisieren.

Es liegen bisher zwei in Valdivianer Zeitungen veröffentlichte Berichte von Augenzeugen der Ausbrüche vor. Der eine stammt von einem Indianer Hueñupan aus Huequecura am Rancosee. Nach demselben begann die Erscheinung am 4. April abends mit Erderschütterungen und unterirdischem Getöse, das in der folgenden Nacht und am nächsten Morgen an Stärke zunahm, bis schließlich die Erde barst, und eine gewaltige Rauchsäule, Steine und Asche in die Höhe reißend, aufstieg. Die Ausbruchsstelle befindet sich nach diesem Berichte inmitten eines „potrero“ (Viehweide) und in weniger als 1 *km* Entfernung von einem der kleinen Anwesen der Indianer, die in verhältnismäßig bedeutender Zahl in den Tälern und an den Berghalden dieser Gegend zerstreut wohnen.

Die zweite Nachricht erhalten wir durch den Kapuzinerpater Burkard von der Mission in Valdivia, als Ergebnis seiner Reise in das von dem Ausbruche betroffene Gebiet am Rancosee. Der neue Krater liegt nach ihm etwa 22 *km* östlich vom letztgenannten See zwischen den Flüssen Pucura und Quinaco, in einer von Hügeln umrahmten Niederung südöstlich der kleinen Lagune Pucura. Der Pater und seine Begleiter konnten ihn von einer der benachbarten Anhöhen aus etwa 3 *km* Entfernung beobachten, doch wurde die Krateröffnung selbst durch die aus ihr aufsteigenden Dämpfe verhüllt. In der Nähe der Ausbruchsstelle ist der Urwald im Umkreise von mehr als 10 *km* Durchmesser zum größten Teile niedergebrannt,

[1]) Petermanns Mitt. 1907. Heft 7. p. 160.

und seine Reste liegen unter einer dichten Decke der in den ersten Tagen gefallenen Asche begraben; das Wasser der Lagune Pucura soll durch die Beimengung der Asche dickflüssig geworden sein, und die obengenannten Flüsse beginnen erst jetzt wieder schwach zu fließen. Die schlimmsten Folgen hat der Ausbruch für das in der Nachbarschaft weidende Vieh der Indianer gehabt, das sich unter der 6 Zoll dicken Aschenschicht kein Futter hervorscharren kann und nur mit Mühe das nötige Trinkwasser findet. Während der drei Tage, welche der Pater in der Nähe des Kraters verweilte, erfolgte an dieser Stelle keine neue größere Eruption.

Über das vulkanische Problem macht Prof. W. Pickering einige beachtenswerte Bemerkungen.[1]) Er betont die von Ch. Darwin hervorgehobene Tatsache, daß tätige Vulkane nur in aufsteigenden Küstengebieten vorkommen, und findet dies ganz natürlich, da eine und dieselbe Ursache beide Wirkungen hervorrufe. Ein aufsteigendes Land muß augenscheinlich sein Volumen vergrößern, und diese Vergrößerung kann mit oder auch ohne Massenzunahme stattfinden. In letzterm Falle ist die Volumenvergrößerung durch eine Zunahme der Temperatur bedingt. Ein Teil der Erdkruste von 50 engl. Meilen Dicke, dessen Temperatur um 200° F. steigt, muß sich um 1000 bis 1500 Fuß ausdehnen.[2]) Das Plateau von Bolivia hat eine mittlere Höhe von $2^1/_2$ engl. Meilen, das Himalajamassiv ist noch um eine Meile höher. Es ist unwahrscheinlich, daß solche Erhebungen auf die angegebene Ursache zurückgeführt werden können, so bleibt nur die Annahme, daß hier ein wirklicher Massenzuwachs vorliegt. Massenzunahme würde aber, wie Gilbert gezeigt hat[3]), durch wachsenden Druck auf die heiße unterirdische Region die äußere Höhenzunahme kompensieren, ein Gebirgszuwachs von zwei Meilen Höhe könnte nicht getragen werden. So bleibt nur übrig, an leichtes Material, Wasser oder Dampf, zu denken. Flüssige Lava ist voll von Wasser, und wenn sie erkaltet, wird dieses Wasser ausgetrieben. Die Lava auf Hawaii enthält unzählige Blasen, welche die Gegenwart von Dampf anzeigen, der während mehrerer Tage eingeschlossen blieb, selbst nachdem die Lava den Krater des 50 Meilen entfernten Mauna Loa verlassen hatte. Wenn Vulkane intermittierend tätig sind, so muß der Ladungsprozeß noch gegenwärtig vor sich gehen, da sonst die vulkanische Tätigkeit längst erloschen sein würde. Da nun tätige Vulkane nur in der Nähe des Meeres angetroffen werden, so hat man vermutet, daß die Eruptionen derselben durch den zeitweisen Zutritt des Seewassers veranlaßt würden. Bei vulkanischen Ausbrüchen wird salziges Wasser gefördert, aber dessen mineralische Zusammensetzung ist nicht diejenige des Meerwassers, indem

[1]) Journal of Geology **15**. 1907. Nr. 1. — Gaea 1907. p. 393.
[2]) Judd Volcanoes p. 347.
[3]) Continental Problems of Geology, Smithsonian Report 1892. p. 165.

manche Salze des letztern fehlen oder andere vorkommen, die im Seewasser nicht angetroffen werden. Dies zusammen mit der Unwahrscheinlichkeit, daß Meerwasser in ein tiefes Niveau herabgezogen und dann auf ein hohes emporgepumpt werde, macht die Erklärung unwahrscheinlich. Eine andere Erklärung der stetigen Gegenwart von Wasser bei vulkanischen Ausbrüchen greift auf die meteorischen Wasser zurück, die in den Boden eindringen, aber damit wird die Meeresnähe der Vulkane nicht erklärt. Keine dieser Hypothesen erklärt zudem die stufenweise Hebung des Landes in vulkanischen Gegenden. Da also dieses Wasser weder von den Meeren, noch aus der Atmosphäre kommt, so bleibt nach Prof. Pickering nichts anderes übrig als anzunehmen, daß es aus den dichten Schichten stammt, die den Meeresboden bilden, aber nicht aus dem leichten Materiale, das die Kontinente zusammensetzt. Letzteres wurde aber bisweilen zerspaltet und gestattete dann Entladungen von unten her, und hierauf sind die heute erloschenen Vulkane Mitteleuropas und diejenigen in der Nähe des Yellowstone-Parkes und in Arizona zurückzuführen. Die heute noch tätigen Vulkane Nord- und Südamerikas scheinen ihren Ursprung von dem zu nehmen was wahrscheinlich früher den Rand des kontinentalen Plateaus bildete.

Die nächste Frage, welche sich erhebt, ist die nach der Tiefe, aus der die Lava stammt. Alle Umstände in Betracht gezogen, muß diese Tiefe beträchtlich sein und mag 20 bis 30 engl. Meilen betragen. Daubrée hat gezeigt, daß Wasser in einen Raum, der mit Dampf von 160° gefüllt war, durch einen dichten, feinkörnigen Sandstein und gegen den nach auswärts gerichteten Dampfdruck mit Leichtigkeit eindrang, und ferner, daß dieses Eindringen durch die Wärme erleichtert wurde. Es steht also der Annahme einer Transmission von Wasser durch heiße Gesteinsmassen bis in beträchtliche Tiefen, nichts im Wege. Dagegen wird seine Anwesenheit dazu beitragen, den Schmelzpunkt der Gesteinsmassen zu erniedrigen und ihre Viskosität zu vergrößern. Eine gewisse Menge von Wasser mag auf diese Weise selbst durch den Boden des Ozeans dringen, doch kann dies nur verhältnismäßig wenig sein, da dieser Boden aus kalten Gesteinsmassen besteht, die mehrere Meilen dick sind, und das Wasser einem konstant wachsenden Drucke entgegen dringen muß.

In der Hypothese Pickerings über den Ursprung der Kontinente wurde angenommen, daß diese aus Teilen der Erdkruste bestehen, die entweder von Ursprung aus fest oder wenigstens hinreichend abgekühlt waren. Diese Massen hatten demnach einen großen Teil des Wassers, welches sie ursprünglich umschlossen, bereits abgegeben. Zur Zeit der großen Katastrophe waren die ozeanischen Betten flüssig und hätten alles vorhandene Wasser in sich absorbiert, wenn sie sogar nicht völlig damit gesättigt waren. Da ihre Massen aus größerer Tiefe stammten, hatten sie eine beträchtlich höhere Temperatur und umschlossen damals mehr Wasser als die Kontinente.

Zweifellos haben die heißen Unterlagen der letztern gewisse Wassermengen von den ozeanischen Betten her absorbiert, als die letztern erkalteten; die Expansion und die Verminderung des spezifischen Gewichtes arbeiteten dann darauf hin, das Festland in der Nähe des Ozeans zu heben. Dies fand besonders in der Umgebung des Großen Ozeans statt, dessen Umrandung noch heute im Zustande der Hebung ist. Hieraus wird verständlich, daß die Grenzen der Festländer mehr zur Zerspaltung hinneigen und deshalb vulkanischen Erscheinungen und Erdbeben mehr unterworfen sind als andere Gegenden der Erdoberfläche.

Aus ihrer Starrheit folgt, daß die Erde als Ganzes fest ist. Eine kontinuierlich flüssige Schicht zwischen ihrem Zentrum und der Oberfläche kann es heute nicht geben, aber unter jedem aktiven Vulkane muß eine Region existieren, aus der die Lava stammt. In irgend einer Weise, ohne Zweifel infolge der Kontraktion der Erde, wird diese Lava veranlaßt, sich der Oberfläche zu nähern, und auf diesem Wege verändert sie sich aus einem zähfesten in einen zähflüssigen Zustand. Nur auf zwei Weisen ist diese Veränderung möglich: durch Zunahme der Temperatur oder durch Abnahme des Druckes, letzteres ist wahrscheinlich die wirkende Ursache. In tangentialer Richtung befinden sich die tiefen Schichten der Erdkruste im Zustande der Kompression, die obern in einem solchen der Spannung, in radialer Richtung im Zustande der Kompression. Zwischen den obern und untern Regionen muß sich eine neutrale Schicht befinden ohne tangentiale Spannung. Erreicht ein durch tangentiale Spannung hervorgerufener Bruch die neutrale Oberfläche, dann brechen die viskosen Gesteinsmassen durch sie hindurch und werden in dem Maße, als sie sich der Oberfläche nähern, und der Druck sich vermindert, mehr und mehr flüssig. Schließlich erreicht die flüssige Lava die Oberfläche und strömt nun so lange aus, bis der Druck an ihrer Quelle gleich geworden ist dem hydrostatischen Drucke an der Basis des Risses, durch den die Masse ursprünglich empordrang. Je größer diese Öffnung, und je kleiner ihr Abstand von der Oberfläche ist, um so rascher wird die Gleichheit des Druckes sich wieder herstellen, und um so kürzer die Dauer der Eruption sein. Die Expansion der Dampfblasen in der Nähe des Risses vermindert den hydrostatischen Druck, und deren Entweichen verursacht augenscheinlich die gewöhnlich wahrgenommenen Explosionen. Die heftigen Erscheinungen entstehen also sämtlich nahe der Oberfläche wie bei den Geisern. Durch das Aufsteigen und Entweichen des tiefen Materials wird der ursprüngliche Riß zu einer Art Röhre von mehrern hundert Fuß Durchmesser verbreitert, und wenn die Lava aufgehört hat, auszufließen, so hält doch der Dampf eine wenn auch engere Passage nach oben mehr oder weniger offen. Diese bleibt daher als Linie schwächern Widerstandes bestehen, und sobald der Strom der Dämpfe und glühendplastischen Massen von unten wie-

der genügende Kraft besitzt, um den Widerstand an der Fläche verminderten Druckes zu überwinden, wiederholt sich die Eruption von neuem.

Die Vulkane liegen häufig in großen Bogen angeordnet, die, wenn sie vollständig geschlossen wären, den Maren des Mondes ähnlich sein würden. Eine der vollständigsten Bogenreihen hat die Chinaseee zum Mittelpunkte, während die Vulkane auf den Philippinen, Celebes, Java, Sumatra, der malayischen Halbinsel und des südlichen China bis westlich von Kanton gefunden werden. Der Durchmesser dieses Kreises beträgt 2000 engl. Meilen. Die japanische See und das Behringsmeer sind in ähnlicher Weise von unvollständigen Bogen umgeben, und die Gestalt des letztern ist entschieden elliptisch.

Das Meer.

Neue Untersuchungen über das Relief des Meeresbodens. In dem Maße, als die Tiefseelotungen zahlreicher wurden, sind mehr und mehr gewaltige Abschrägen des Seebodens und nicht minder Berge, die sich auf demselben erheben, aufgefunden worden. So der Faradayberg im nördlichen atlantischen Ozeane, die Daciabank nördlich von den Canarien, ganz abgesehen von den Regionen der See, in denen vulkanische Inselreihen oder Korallenbauten über den Meeresspiegel treten. Die meisten Tiefseelotungen haben gezeigt, daß der Meeresboden reichlich ebenso Unebenheiten und steile Böschungen zeigt wie das Festland. Zunächst sind es die Tiefseelotungen im tropischen Teile des westlichen Stillen Ozeans, welche auf Veranlassung und für Rechnung der Deutsch-Niederländischen Telegraphengesellschaft zu Köln im Jahre 1903 als Vorbereitungen zur Legung der Unterseekabel Menado—Yap—Guam und Yap—Shanghai durch die Dampfer „Edi" und „Stephan" ausgeführt worden sind. Sofort nachdem die geschäftlichen Interessen der Gesellschaft die Geheimhaltung der Lotungsergebnisse nicht unbedingt mehr erheischten, hat sie die Originalbeobachtungen der Deutschen Seewarte zur wissenschaftlichen Verwertung übergeben, und jetzt liegt eine Bearbeitung derselben durch Prof. Dr. Schott und Dr. P. Perlewitz vor, die von ungewöhnlichem wissenschaftlichen Interesse ist.[1]) Die Fahrten des der niederländschen Kriegsmarine gehörigen Vermessungsfahrzeuges „Edi" begannen im März 1903, gingen von Shanghai aus nach Yap und wieder zurück nach Shanghai, dann nochmals nach Yap von da nach Guam, von Guam zurück nach Yap, von Yap nach Palau und Menado, wo sie Mitte Juni 1903 beendet wurden. Die Fahrten des deutschen Kabeldampfers „Stephan" fallen in die Zeit des Februar bis Juni 1905 und beziehen sich auf die Strecke von Menado bis Yap, sowie auf die Gegend südlich der Liu Kiu-Inseln.

[1]) Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1906. **29.** Nr. 2.

Im ganzen haben beide Schiffe 675 Lotungen ausgeführt, wovon 137 zwischen 3000 und 4000 Faden (3658 bis 5486 *m*) Tiefe, acht über 4000 Faden Tiefe ergaben. Die größte Tiefe fand „Edi" in 9° 21′ nördl. Br. und 138° 25.5′ östl. L. mit 7538 *m*, „Stephan" in 7° 41′ nördl. Br. und 135° 4.6′ östl. L. mit 8138 *m*, außerdem wurden von dem letztern Dampfer noch an zwei Stellen südlich der Liu Kiuinseln Tiefen von 7414 und 7461 *m* gelotet. Die verschiedenen Kreuzfahrten wurden, wie üblich, nicht auf genau denselben Wegen gemacht, sondern im Zickzack auf einem etwa 30 bis 50 Seemeilen breiten Bande, so daß dadurch zwischen den Endstationen der Kabel das Bodenrelief in einer Breite von etwa 50 bis stellenweise 100 *km* genau festgelegt wurde.

Was das Bodenrelief im allgemeinen anbelangt, so bemerken Schott und Perlewitz darüber: „Das Gelände auf der Strecke Menado-Guam ist so wechselvoll, wie es anderswo in dem Maße und der Ausdehnung auf dem Festlande oder in den Ozeanen kaum gefunden wird. Inseln, Gräben und Horste folgen stetig aufeinander, so daß sich steile Böschungen und tief eingeschnittene Täler neben den den Meeresspiegel zahlreich überragenden Inseln und Inselgruppen finden. Wohl ist an andern Orten, z. B. im Archipel der Sundainseln oder Antillen, das Bodenrelief an sich auch sehr reich gestaltet, aber die gesetzmäßige Anordnung findet sich dort nicht wie hier. Vier Inselgruppen liegen auf dem Bande nordöstlich von Menado: die Talauer Inseln, die Palauinseln, Yap und Guam mit den Marianen. Ganz entsprechend diesen Erhebungen über den Meeresspiegel finden sich in derselben Richtung, in der die Inselgruppen angeordnet sind, von Südwesten nach Nordosten, östlich und ihnen ganz nahe, vier tiefeingeschnittene Gräben, die nach den Inseln benannt werden sollen: als Talauergraben, Graben von Palau, Graben von Yap und Graben von Guam. Jenseits des Grabens erhebt sich regelmäßig ein mehr oder weniger ausgedehnter Horst, der weiterhin in das allgemeine, ziemlich ebene und tiefer als der Horst gelegene Tiefseebecken übergeht, um bald wieder zur nächsten Inselgruppe anzusteigen, auf die wiederum ein Graben, ein Horst usw. folgen.

Weit gleichmäßiger als auf dem ersten Bande sind die unterseeischen Bodenformen auf dem zweiten Bande, das von Shanghai nach Yap reicht und nur durch eine Inselgruppe, die der Liu Kiu, unterbrochen ist. Aber genau dem morphologischen Baue auf dem ersten Bande entsprechend, reiht sich auch hier an die Liu Kiugruppe nach dem offenen Ozeane hin, also nach Südosten, ein steil und tief abfallender Graben, der Liu Kiugraben, an.

Die Bezeichnung „Horst" ist bekanntlich von Sueß für Bodenbildungen auf dem Festlande eingeführt worden und bezeichnet ein Plattschollengebirge, das von Verwerfungen ringsum oder doch an zwei einander entgegengesetzten Seiten abgesetzt und abgetrennt wird. Indem Prof. Schott und Dr. Perlewitz diese Bezeichnung

in Anwendung für submarine Bildungen bringen, soll über deren Entstehungsweise nichts ausgesagt, sondern nur die überraschende Ähnlichkeit der äußern Formen mit festländischen Gebilden ausgedrückt werden, womit allerdings auch eine gewisse Wahrscheinlichkeit ähnlicher genetischer Vorgänge ersichtlich gemacht wird. Die Bezeichnung Graben bedarf keiner nähern Erörterung, mit „Grabenabfall" bezeichnen Schott und Perlewitz diejenige Grabenböschung, die aus der Tiefe des Grabens gesehen, nach der Seite des Kontinents hin liegt, mit Grabenanstieg die dem freien Ozeane zugelegene Böschung. Die Genannten geben von vier Gräben, nämlich von dem Graben von Palau, Yap, Guam und Liu Kiu Spezialkarten in größerm Maßstabe und unter diesen auch die Bodenprofile, annähernd senkrecht zur Streichungsrichtung der Gräben, eingezeichnet, dabei sind diese Profile sowohl in natürlichen Größenverhältnissen als auch der bessern Anschaulichkeit wegen in fünffacher Vertiefung dargestellt.

Außer diesen ist noch der Talauergraben, östlich von den gleichnamigen Inseln, zu erwähnen.

Am charakteristischsten ist das Profil des Grabens von Yap, welches deshalb in Figur 1 reproduziert ist.

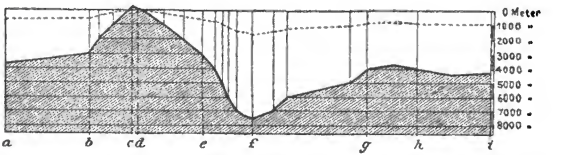


Fig. 1. Profil des Grabens von Yap, nach Schott und Perlewitz. Längenmaßstab 1:20 000 000, bei 5facher Übertiefe. - - - Profil im wahren Verhältnis.

Aus den speziellen Betrachtungen schließen Schott und Perlewitz, „daß man es in allen hier beschriebenen Fällen — morphologisch betrachtet — höchstwahrscheinlich mit Grabenversenkungen zu tun hat, die längs Verwerfungen stattgefunden haben. Es sind sozusagen Risse oder lange schmale Furchen im Antlitze der Erde; die durchschnittliche Breite der Grabensohle beträgt nur etwa 10 Seemeilen, bei dem Guamgraben bis zu 20 Seemeilen. Der Stille Ozean ist zwar in seiner Gesamtanlage sehr alt; er gilt nach der vorherrschenden Ansicht für viel älter als der Atlantische und Indische Ozean. Dies hindert nicht, daß die Detailform der pacifischen Gräben, geologisch gesprochen, höchstwahrscheinlich jugendlichen Alters ist. Die Steilheit der Böschungen in Verbindung mit dem, was man über das Alter der den Pacifischen Ozean umrandenden großen Faltengebirge weiß, führt zu der Annahme, daß diese Einsturzräume, zum mindesten der Liu Kiugraben nicht aus den ältesten geologischen Zeiten herstammen, daß sie vielmehr erst in jüngern

Erdepochen (Tertiärzeit) entstanden sein dürften. Der Inselbogen der Liu Kiu birgt einen paläozoischen Kern, dem sich nach dem Kontinente, also nach Nordwesten hin, eine vulkanische Zone, nach dem Pacifischen Ozeane hin, also nach Südosten, eine tertiäre Zone anschließt.

„Man hat es in den betrachteten Gebieten offenbar mit kontinentalen Bruchrändern zu tun, auch da, wo die Gräben, wie bei Palau, Yap, Guam, an kleine Inseln, die weit vom heutigen Festlande entfernt liegen, sich anlehnen. Daher erklärt sich auch die auffallende Erscheinung, daß die Gräben als solche hier im westlichen Teile des Stillen Ozeans immer an der Ost- oder Südostseite der Inseln auftreten, und daß die Steilabfälle bei sämtlichen Gräben an der Seite der Inseln sich befinden, die nicht nach dem Kontinente, sondern nach dem freien Ozeane zu gelegen ist. Hiermit hängt auch die unsymmetrische Form des Profils, die für alle Gräben charakteristisch ist, zusammen; man kann sie schematisch durch die beistehende Textfigur kennzeichnen (Fig. 2).

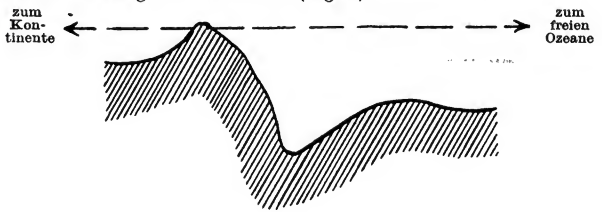


Fig. 2.

Die meisten Insel- und Gräbenzüge in dem westlichen Stillen Ozeane bilden wahrscheinlich ehemalige Kontinentalgrenzen Eurasiens, sie laufen noch den heutigen Festlandsgrenzen vorwiegend parallel. Es können innere und äußere Bruchränder unterschieden werden. Der innerste und zugleich jüngste der Bruchränder wird von dem Rande der heutigen Kontinentaltafel, dem sogenannten chinesischen Schelf, gebildet. Er verläuft westlich von den Liu-Kiuinseln und parallel zu ihnen und könnte als Chinesische Rinne bezeichnet werden. Es folgt, weiter nach außen verschoben, der Hauptbruchrand, zu dem der Steilabfall des Liu Kiugrabens gehört. Die Entdeckung dieses Grabens erscheint besonders wichtig, denn man wird nunmehr heute schon sagen dürfen, daß Alëutengraben, Japanischer Graben, Liu Kiugraben, Philippinen- und Talauer graben alles nur Teile der großartigen, den nordwestpacifischen Ozean begrenzenden Absenkungen oder Staffelbrüche sind.

Nicht direkt in Verbindung mit dieser gewaltigen Furche im Antlitze der Erde scheinen die Gräben von Yap und Palau zu stehen. Sie könnten lokale Grabenversenkungen ähnlich wie das Tote Meer oder das Rote Meer sein und brauchten dann keine Beziehung zum

asiatischen Kontinente zu haben. Dagegen spricht aber ihr unsymmetrischer Bau, der dem des Liu Kiugrabens vollkommen analog ist. Diese Inselgräben dürften daher auch an alte Kontinentalränder sich anschließen, also an frühere Grenzen eines asiatisch-australischen Kontinents. Das letztere gilt erst recht für den Gam-Marianengraben und seine höchstwahrscheinlich vorhandene Fortsetzung nach Norden. Dieser ausgedehnte, sich bis zum Japanischen Graben hin erstreckende Grabenzug könnte als Abzweigung des oben beschriebenen Hauptbruchrandes, ohne Rücksicht darauf, daß er schon eher als dieser erstanden sein dürfte, angesehen werden."

Die bei den Lotungen gewonnenen Bodenproben bedürfen noch einer fachmännischen mikroskopischen Untersuchung, doch konnte in einzelnen Fällen vorläufige Auskunft gegeben werden. In der Tiefe des Liu Kiugrabens fand sich „blauer Schlick", an seinen Abhängen roter Ton, während noch höher hinauf, nach dem Kontinente zu, der Boden mit Sand und kleinen Steinen bedeckt war. Auf dem 200 bis 300 *m* tiefen Liu Kiurücken selbst fanden sich vielfach Korallen. Die Förderung von „blauem Schlicke" aus den größten Tiefen des Liu Kiugrabens bei allen Lotungen des Dampfers „Stephan" ist, wie Schott und Perlewitz betonen, sehr auffällig, da der blaue Schlick im ganzen als ein terrigenes Sediment zu gelten hat; auf der Sohle der übrigen Gräben liegt vorwiegend roter Ton. Welche Beschaffenheit dieser „blaue Schlick" hat, ob er wirklich ein terrigenes oder doch vielleicht ein pelagisches Sediment ist, läßt sich vorläufig nicht entscheiden.

Die ganze Strecke von dem Liu Kiugraben nach Yap war mit rotem Tone bedeckt, seltener wurden Schlick, weißer Sand oder auch Bimssteinstücke gefördert. Auf dem Bande Menado-Guam fanden sich nördlich von Menado in der Küstengegend mehrfach Korallen und vulkanische Steine, nach dem Celebesbecken zu bei einigen Lotungen blauer Ton. Dieser bedeckt auch den Meeresboden südöstlich der Talauer Inseln, während weiterhin nach Südosten, zunächst nördlich von Morotai, blauer und roter Ton, zuweilen auch mit Bimsstein und Manganablagerungen untermischt, und noch weiter nach dem Talauergraben zu, schon in größerer Tiefe, Globigerinenschlamm lag. Im Talauergraben selbst aber wurde, wie in den andern Gräben und Tiefen, mit Ausnahme des Liu Kiugrabens, roter Ton gefördert. Nördlich der Andrewinseln fand sich in den mittlern Tiefen Globigerinenschlamm, wie auch bei Palau und Yap. Südlich dieser letzten Inseln wurden aus verschiedenen größern und kleinern Tiefen Korallen und Lava gehoben. Von Palau nach Yap zu ist der Boden mit Globigerinen bedeckt. Auf dem Horste von Yap wurden mehrmals Manganablagerungen oder -knollen gefunden und weiterhin wieder roter Ton, an der Westseite bei Guam vereinzelt Manganablagerung, Lava und Koralle.

Zusätzlich bemerken Prof. Schott und Dr. Perlewitz, daß schon 1901 M. Friederichsen in den Mitteil. der Geogr. Ges. zu Hamburg (XVII, S. 2 bis 4) den Carolinengraben, der mit dem Guamgraben identisch ist, als jugendlichen Einbruch angesehen und gesagt hat: „Da nach den bisherigen Erfahrungen unterseeische Gräben, wie der Atacama- und Alëutengraben, vornehmlich an den Rändern von Festländern vorkommen, so liegt es nahe, hier (bei den Carolinen), wo wir solchen Abstürzen fern vom heutigen Kontinente begegnen, sein Auftreten mit einem ehemals vorhanden gewesenen alten Festlandsrande in Zusammenhang zu bringen, und es würde also eine Verwerfungserscheinung in großem Stile vorliegen, entstanden im Zusammenhange mit dem Niederbruche des Festlandes." Endlich bemerken die genannten Geophysiker noch: „Die somit von zwei Seiten unabhängig voneinander geäußerte Ansicht über die Natur dieser Gräben dürfte zur Gewißheit erhoben sein durch die Gesteinssammlungen auf Yap von Volkens, die E. Kaiser bearbeitet hat, und auf die ebenfalls Friederichsen uns aufmerksam gemacht hat. Hiernach besitzen Yap und die nördlich davon vorgelagerte Insel Map einen kristallinen Kern, bestehend aus Strahlsteinschiefern und Amphiboliten, denen noch Talk und Chloritschiefer eingelagert sind; wichtig ist auch, daß nach den Volkensschen Aufsammlungen auf Yap keine Anzeichen jungvulkanischer Tätigkeit beobachtet wurden, so daß die wohl sicher jugendlichen Grabeneinsenkungen direkt nicht mit vulkanischen Ausbrüchen in Beziehung zu setzen sind."

Eine sehr interessante Tatsache ist, daß neuerdings das deutsche Vermessungsschiff „Planet" südlich von Java ebenfalls submarine Gräben, darunter einen Doppel- oder Parallelgraben entdeckt hat. Hieraus ergibt sich, daß diese örtliche Gestaltung des Ozeans keineswegs eine ausnahmsweise sein kann, sondern ihr eine hervorragende Bedeutung zukommt.

Lotungen im westlichen Stillen Ozeane sind von dem Niederländischen Dampfer „Edi" und dem deutschen Kabeldampfer „Stephan" in den Jahren 1903 und 1905 ausgeführt worden auf der Linie Menado—Yap—Guam und Yap—Shanghai. Die Bearbeitung des Materiales ist im amtlichen Auftrage der Seewarte von Professor G. Schott und Dr. P. Perlewitz ausgeführt worden.[1]) Diese neuen Tiefenlotungen lieferten einen wichtigen Beitrag zur Morphologie des Stillen Ozeanes, und Prof. Schott gibt die wesentlichsten geographischen Betrachtungen der erwähnten Bearbeitung im Auszuge wieder.[2]) Über das Bodenrelief im allgemeinen sagt er: „Die Morphologie auf der Strecke Menado—Guam ist überaus interessant; das Gelände des Meeresbodens ist hier so wechselvoll,

[1]) Aus dem Archiv d. Deutschen Seewarte **29**. Nr. 2.
[2]) Annalen d. Hydrographie 1907. p. 108. Vergleiche auch den vorhergehenden Artikel p. 243 u. ff.

wie es anderswo in dem Maße und der Ausdehnung in den Ozeanen wahrscheinlich kaum bisher gefunden ist. Inseln, Gräben und Horste folgen stetig aufeinander, so daß sich steile Böschungen und tief eingeschnittene Täler neben den den Meeresspiegel zahlreich überragenden Inseln und Inselgruppen finden. Wohl ist an andern Orten, z. B. im Archipel der Sundainseln oder der Antillen, das Bodenrelief an sich auch sehr reich gestaltet, aber die gesetzmäßige Anordnung findet sich dort nicht wie hier. Vier Inselgruppen liegen auf dem Bande nordöstlich von Menado: die Talauer Inseln, die Palauinseln, Yap und Guam mit den Marianen. Ganz entsprechend diesen Erhebungen über den Meeresspiegel finden sich in derselben Richtung, in der die Inselgruppen angeordnet sind, von Südwesten nach Nordosten, östlich und ihnen ganz nahe vier tief eingeschnittene Gräben, die nach den Inseln benannt werden sollen: als Talauergraben, Graben von Palau, Graben von Yap und Graben von Guam. Jenseits des Grabens erhebt sich regelmäßig ein mehr oder weniger ausgedehnter Horst, der weiterhin in das allgemeine, ziemlich ebene und tiefer als der Horst gelegene Tiefseebecken übergeht, um bald wieder zur nächsten Inselgruppe anzusteigen, auf die wiederum ein Graben, ein Horst usw. folgen." Über die Einführung der Bezeichnung „Horst" in die Terminologie der unterseeischen Bodenformen sagt der Verfasser dabei etwa das Folgende:

„Es ist dieses Wort aufgenommen, wenigstens für diese Veröffentlichung und für diese sicherlich ganz eigenartigen Bodenerhebungen im westlichen pacifischen Ozeane. Horst, in dem von Sueß eingeführten Sinne, ist allerdings kein bloßer morphologischer Begriff; er setzt eine bestimmte Anschauung über die Geologie der betreffenden Gegend voraus, insofern man als Horst ein Plattschollengebirge bezeichnet, daß von Verwerfungen ringsum oder doch an zwei einander entgegengesetzten Seiten abgesetzt und abgetrennt wird von seiner Umgebung. Über die Entstehungsgeschichte der hier in Rede stehenden submarinen Bodenformen kann man nun Tatsächliches nicht beibringen, eine geologische Untersuchung ist unmöglich; man kann nur — übrigens ebenso wie bei den „Gräben" — auf die z. T. überraschende Ähnlichkeit der äußern Formen mit festländischen Gebilden hinweisen und damit die große Wahrscheinlichkeit ähnlicher genetischer Vorgänge ersichtlich machen."

Weit gleichmäßiger als auf dem ersten Bande sind die unterseeischen Bodenformen auf dem zweiten Bande, das von Shanghai nach Yap reicht und nur durch eine Inselgruppe, die der Liu Kiu, unterbrochen ist. Aber genau dem morphologischen Baue auf dem ersten Bande entsprechend reiht sich auch hier an die Liu Kiugruppe nach dem offenen Ozeane hin, also nach Südosten, ein steil und tief abfallender Graben, der Liu Kiugraben, an."

Aus den speziellen Betrachtungen entnahm Verfasser die Schlußfolgerung, daß man es in allen hier beschriebenen Fällen —

morphologisch betrachtet — höchstwahrscheinlich mit gewaltigen Grabenversenkungen zu tun hat, die längs Verwerfungen stattgefunden haben. Es sind sozusagen Risse oder lange, schmale Furchen im Antlitz der Erde; die durchschnittliche Breite der Grabensohle beträgt nur etwa 10 Seemeilen, bei dem Guamgraben bis zu 20 Seemeilen. Der Stille Ozean ist zwar in seiner Gesamtanlage sehr alt; er gilt nach der vorherrschenden Ansicht für viel älter als der Atlantische und Indische Ozean. Dies hindert nicht, daß die Detailform der pacifischen Gräben, geologisch gesprochen, höchstwahrscheinlich jugendlichen Alters ist. Die Steilheit der Böschungen in Verbindung mit dem, was man über das Alter der den Pacifischen Ozean umrandenden großen Faltengebirge weiß, führt zu der Annahme, daß diese Einsturzräume, zum mindesten der Liu Kiugraben, nicht aus den ältesten geologischen Zeiten herstammen, daß sie vielmehr erst in jüngern Epochen (Tertiärzeit) entstanden sein dürften. Der Inselbogen der Liu Kiu birgt nach F. v. Richthofen einen paläozoischen Kern, dem sich nach dem Kontinente, also nach Nordwesten hin, eine vulkanische Zone, nach dem Pacifischen Ozeane hin, also nach Südosten, eine tertiäre Zone anschließt.

Die in Rede stehenden Gebiete sind nichts anderes als kontinentale Bruchränder selbst da, wo die erwähnten submarinen Gräben an entfernt vom Festland liegenden Inseln angelehnt erscheinen. Damit erklärt sich ungezwungen die Tatsache, daß im westlichen Teile des Großen Ozeans die Gräben stets an der Ost- oder Südostseite der Inseln auftreten, und daß die Steilabfälle bei sämtlichen Gräben an der Seite der Inseln sich befinden, die nicht nach dem Kontinente, sondern nach dem freien Ozeane zu gelegen ist. Hiermit hängt auch die unsymmetrische Form des Profiles, die für alle Gräben charakteristisch ist, zusammen. M. Friederichsen hat schon 1901 den damals allein bekannten Carolinengraben, der mit dem Guamgraben der vorliegenden Arbeit identisch ist, als jugendlichen Einbruch an einem alten Festlandrande angesehen, und die auf Yap durch Volkens gemachten Gesteinssammlungen — kristalline Schiefer, Chloritschiefer u. a. — bestätigen indirekt die gleiche, auf die überraschenden Lotergebnisse gestützte Annahme von Schott und Perlewitz.

Die Bodenbeschaffenheit ist bei den Lotungen der „Edi" und des „Stephan" sogleich an Bord auf Grund des äußern Befundes der heraufgebrachten Bodenproben vorläufig ermittelt worden, doch steht eine fachmännische mikroskopische Untersuchung noch aus. Hier muß es daher genügen, zu sagen, daß in den großen Tiefen dieses Gebietes vorwiegend Globigerinenschlamm und roter Ton liegt, letzterer im besondern auch auf der Sohle der tiefen Gräben. Nur vom Grunde des Liu Kiugrabens wird „blauer Schlick" gemeldet, ohne daß bisher ersichtlich ist, ob es sich um ein vorwiegend terrigenes oder pelagisches Sediment handelt. Im übrigen ist die ganze

Strecke von dem Liu Kiugraben nach Yap mit rotem Tone bedeckt, seltener wurden Schlick, weißer Sand oder auch Bimssteinstücke gefördert. Auf dem Bande Menado-Guam finden sich nördlich von Menado in der Küstengegend mehrfach Korallen und vulkanische Steine. Weiterhin nach Südosten, zunächst nördlich von Morotai, bedeckt den Meeresboden blauer und roter Ton, zuweilen auch mit Bimsstein und Manganablagerungen untermischt, und noch weiter nach dem Talauergraben zu liegt schon in größerer Tiefe Globigerinenschlamm. Im Talauergraben selbst aber wurde roter Ton gefördert. Nördlich der Andrewinseln findet sich in den mittlern Tiefen Globigerinenschlamm, wie auch bei Palau und Yap. Von Palau nach Yap zu ist der Boden mit Globigerinen bedeckt. Auf dem Horste von Yap wurden mehrmals Manganablagerungen oder -knollen gefunden und weiterhin wieder roter Ton, an der Westseite bei Guam vereinzelt Manganablagerung, Lava und Koralle.

Die Bodentemperatur liegt für Tiefen von 4000 bis 5000 *m* in dem tropischen westlichen Teile des Stillen Ozeans bei 1.7° bis 1.9°; weiter im Norden, auf 20.1° nördl. Br. und 130.7° östl. L., wird aber für die Tiefe von 5962 *m* südöstlich vom Liu Kiugraben eine sehr viel niedrigere Temperatur, 0.6°, gemeldet."

Die Dimensionen der Meereswellen sind von M. Bertin besprochen worden.[1]) Die längste ihm bekannte Welle maß 842 *m* von Kamm zu Kamm. Die langen Wellen sind jedoch nicht ungewöhnlich hoch; in tiefem Wasser würde die Höhe einer 842 *m* langen Welle ein Fünfzigstel ihrer Länge, also etwa 16 *m* betragen. Besonders auf kleinen Fahrzeugen wollen Beobachter viel höhere Wellen gesehen haben; aber ihre Beobachtungen sind nicht sehr wertvoll, weil das Deck eines solchen Schiffes der Oberfläche der Wellen zu nahe ist, und die Neigung des Deckes so den Beobachtern einen übertriebenen Eindruck von der Höhe einer sich nähernden Welle gibt. Berichte, bei denen diese Fehlerquelle ausgeschieden war, zeigen, daß die höchsten Wellen im offenen Wasser vom Wellentale bis zum Kamme 16 *m* maßen. In den südlichen Meeren allerdings kann man gelegentlich auf noch höhere Wellen stoßen. Beim Eintritte der Wellen in flaches Wasser nimmt ihre Umlaufszeit ab, und sie werden höher, so daß eine Welle von 12 *m* eine Höhe von 16 *m* und darüber erreicht. Stößt sie auf ein Hindernis, das sich der Senkrechten nähert, so kann sie leicht bis zu 32 *m* Höhe und mehr aufgeworfen werden, wie bei dem Eddystoneleuchtturm in der Höhe von Plymouth, wo grünes Wasser zuzeiten eine Höhe von 32 *m* erreicht hat. Wellen von 842 *m* Länge und einer Zeitdauer von 23 Sekunden sind nur sehr selten, denn die gewöhnliche Länge einer langen Welle beträgt etwas über 160 *m* und die Zeitdauer 10 Sekunden. Im Durchschnitte ist die Zeitdauer 6 bis 8 Sekunden und die Länge 52 bis 107 *m*, während die Höhe selten 11 *m* übersteigt.

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie **29**. p. 285.

Das System der Meeresströmungen behandelte Witte in einer sehr beachtenswerten Abhandlung.[1]) Er weist darauf hin, daß die Karten der Meeresströmungen lange Zeit nur auf Grund der beobachteten Wassertemperaturen entworfen worden sind, eine Methode, die sich bezüglich der warmen Strömungen auch gut bewährte, die aber in ihrer Anwendung auf abnorm kalte Wasser durchweg zu irrigen Schlüssen führt. Ein klassisches Beispiel bietet der Humboldtstrom an der pacifischen Küste Südamerikas, der eine Oberflächenströmung aus dem Antarktischen Ozeane sein sollte. Nach Humboldts Vorgange und auf seine Autorität hin haben dann die Geographen an allen Küsten der Kontinente, an denen kaltes Wasser gefunden wurde, kalte Oberflächenströme gezeichnet, die direkt aus den Eismeeren bis in die Tropen geführt wurden. Und war eine solche Herleitung ausgeschlossen, so scheute man nicht zurück vor den willkürlichsten Annahmen. So ließ man, um das kalte Wasser an der Westküste von Nordafrika zu erklären, den bei Neufundland untertauchenden Labradorstrom quer durch den Atlantischen Ozean setzen und bei Marokko wieder auftauchen.

Auf diese Weise entstand das System der Meeresströmungen, das die Karten bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zeigen. Daß solche Ströme nicht nur mit einer erheblichen Anzahl zuverlässiger Forschungen, sondern auch mit den Gesetzen der Physik in Widerspruch standen, wurde übersehen.

Erst vom Jahre 1870 ab kommen gegen die „kalten Ströme" Bedenken auf. Es wird geltend gemacht, daß das in Frage stehende Küstenwasser zwar unzweifelhaft kalt und auch nach seinen sonstigen Eigenschaften polaren Ursprunges ist, daß es aber in den meisten Fällen keine ausgesprochene Strömungstendenz zeigt. Es wird ferner darauf hingewiesen, daß die Temperatur in der Tiefe des Weltmeeres überall, auch unter den Tropen, kalt ist. Und es werden für das Emporquellen des kalten Grundwassers an den Küsten mehrere physikalisch unanfechtbare Ursachen gefunden.

Unter ihnen scheint am leichtesten verständlich die Wirkung des Windes. Ablandiger Wind treibt das warme Oberflächenwasser von der Küste fort und läßt daselbst die kältern, tiefern Schichten emportreten. Die Erklärung ist so einfach, daß sie wahrscheinlich von vornherein zur Geltung gekommen wäre und allen verhängnisvollen Irrtümern vorgebeugt hätte, wenn sie überall zuträfe. Aber gerade an den Küsten, die für unsere Erscheinung in Frage kommen, wechselt der Wind äußerst regelmäßig mit den Tageszeiten, so daß man deutlich Land- und Seewind unterscheidet. Und zwar überwiegt an der peruanischen Küste sogar der Seewind, der von den Beobachtern häufig als stürmisch bezeichnet wird. Auch das kühle Küstenklima, das sich fast überall neben dem kalten

[1]) Gaea 1907. p. 477.

Küstenwasser findet, läßt ganz allgemein, nicht nur für Peru, auf das Vorwiegen auflandiger Winde schließen. Diese Schwierigkeiten sind es wohl gewesen, die einer richtigern Deutung des kalten Küstenwassers anfänglich im Wege gestanden haben.

Nun gibt es aber für das Auftauchen kalten Wassers aus der Tiefe des Meeres noch andere Ursachen, unter denen die wichtigste die Achsendrehung der Erde ist. Die Drehung der Erde hat die Tendenz, die Strömungen auf der Oberfläche abzulenken, und zwar die der nördlichen Halbkugel nach rechts, die der südlichen nach links. Dieser als Rotationskraft bezeichnete Einfluß wirkt beispielsweise auf den Golfstrom in seinem Laufe längs der Küste der Vereinigten Staaten genau so wie ablandiger Wind, bringt also auf seiner linken Seite, am Festlande, kaltes Wasser zum Aufquellen. Inwieweit die Erscheinung auf den Wind und inwieweit auf die Rotationskraft zurückzuführen ist, muß zunächst unentschieden bleiben. Jedenfalls bildet der cold wall der Amerikaner, das bis Florida sich erstreckende kalte Küstenwasser, nur in seinem nördlichsten Teile eine Fortsetzung des Labradorstromes. Schon die Challenger-Expedition hat bestätigt, daß dieses kalte Wasser keine bestimmte Strömung zeigt. Wenn es in größerer Nähe des Landes vorwiegend dem Golfstrome entgegengesetzt fließt, so steht das Ergebnis damit durchaus nicht in Widerspruch. Wie das Wasser hinter den Buhnen unserer Flüsse eine rückläufige Bewegung ausführt, so wird das kalte Küstenwasser neben dem Golfstrome von den Küstenvorsprüngen gewissermaßen zurückgesogen, während es sich beim Fehlen derartiger Vorsprünge, sowie in größerer Entfernung vom Lande dem allgemeinen Stromlaufe anschließt. Für die Frage nach dem Ursprunge des kalten Wassers kommen diese sekundären Bewegungserscheinungen nicht in Betracht.

Nachdem dann die Gewässer des Golfstromes den Atlantischen Ozean durchquert haben, setzt der größere Teil längs den Küsten Europas nach Nordosten und schmiegt sich unter dem Einflusse der Rotationskraft und des Windes eng nach rechts an die Küste an. Der kleinere Teil wendet sich von Portugal ab nach Süden und Südwesten, geht aber beim Kap Verde in die nordatlantische Äquatorströmung über und vollendet seinen Kreislauf, indem er sich nach abermaliger Durchquerung des Ozeans wieder an den Golfstrom anschließt. Auf seinem Wege längs der afrikanischen Küste hat der Strom das Festland zur Linken. Hier wirkt also die Rotationskraft in dem Sinne, daß sie das noch immer verhältnismäßig warme Wasser von der Küste wegtreibt und das kalte aus der Tiefe aufquellen läßt. Und zwar tritt die Folge sogar ein im Gegensatze zu der auflandigen Windrichtung, der die Küste ihr kühles Klima verdankt.

Von der peruanischen Strömung weiß man, daß das Wasser in größerer Entfernung vom Lande verhältnismäßig warm ist, und daß

gerade dieses wärmere Wasser deutlich nach Norden setzt, während das kältere Küstenwasser wenig oder keine Strömung zeigt. Auf der südlichen Halbkugel treibt nun die Rotationskraft den warmen Oberflächenstrom nach links und läßt rechts, an der Küste, das kalte Wasser aufquellen. Den ersten Ansatz zur richtigen Deutung dieses Verhältnisses findet sich in der „Reise der ‚Prinzessin Louise' um die Erde von Dr. Meyen (Berlin 1834)". Nachdem der Verfasser die auffallenden Wassertemperaturen bestätigt und die Stromlosigkeit des Küstengürtels besprochen hat, sagt er: „Man möchte daher . . . zu glauben geneigt sein, daß die so außerordentlich niedern Temperaturen an dieser Küste vielleicht durch eine Strömung kalten Wassers aus der Tiefe veranlaßt werden."

In ähnlicher Weise läßt sich der Einfluß der Rotationskraft für alle Küsten verfolgen. Ihre Stärke wächst mit der Geschwindigkeit der Strömung und mit dem Sinus der geographischen Breite.

Die nächste Folge ablandigen Windes ist eine Erniedrigung des Wasserspiegels an der Küste. Infolgedessen sinkt daselbst der Druck auf alle tiefern Wasserschichten, und es tritt nicht nur die nächsthöhere Wasserschicht zutage, sondern alle kalten Schichten bis zum Grunde hinab heben sich gegen die Küste. Ebenso bewirkt die Rotationskraft beispielsweise beim Golfstrome auf der linken Seite, an der Küste, ein Sinken des Wassers im Vergleiche zur rechten Seite und somit überhaupt zu dem allgemeinen Niveau des Ozeans. Und zwar läßt sich die Senkung des Wasserspiegels an der Küste unter günstigen Umständen auf 1 bis 2 *m* veranschlagen. Daß diese physikalisch genauere Auffassung der Erscheinung zutrifft, geht aus allen Diagrammen der Ozeane hervor, wie sie besonders von der Challengerexpedition und seitdem so vielfach ausgeführt worden sind. Sie alle zeigen, daß an den betreffenden Stellen sämtliche Isothermen sich gegen die Küste heben, während sie z. B. bei Norwegen, wo das Oberflächenwasser sich gegen die Küste drängt, tief hinunter gedrückt werden. Immer also sind es die eigentümlichen Druckverhältnisse, welche die Erscheinung hervorrufen. Daher hat Witte für dieses kalte, aus der Tiefe aufquellende Wasser, das anderweitig auch als „Auftriebwasser" bezeichnet wird, den Namen Druckwasser vorgeschlagen.

„Verallgemeinern wir die gewonnene Erkenntnis, so ergibt sich in großen Zügen folgendes Bild:

Die Ozeane werden zwischen dem Äquator und dem 45. Breitengrade umflossen von Strömungen, auf der nördlichen Halbkugel im Sinne des Uhrzeigers, auf der südlichen in entgegengesetzter Richtung. Von den Stromkreisen lösen sich auf ihrer polaren Seite Ströme ab, die mit östlicher Tendenz in höhere Breiten übergehen, und denen die Westküsten Europas, Alaskas und Patagoniens ihr abnorm warmes Klima verdanken. Alle diese Strömungen führen äquatoriales Wasser, das sich allerdings nach seinem Übergange in höhere

Breiten durch Abkühlung, Niederschläge und Vermischung mit kaltem Druckwasser dem Wesen des polaren Wassers annähert. Aber selbst im Eismeere hebt es sich noch längere Zeit deutlich ab von den polaren Gewässern und bietet Veranlassung zu höchst merkwürdigen Strömen, deren Untersuchung sich besonders norwegische Forscher zur Aufgabe gemacht haben.

Für kalte, direkt aus dem Eismeere stammende Oberflächenströme ist auf der nördlichen Halbkugel nur Raum zu beiden Seiten von Grönland. Im Ostgrönländischen und Labradorstrome ist das Salzwasser des Polarmeeres durch schmelzende Gletscher so weit verdünnt, daß es als mächtiger Oberflächenstrom bis zur Höhe der Neufundlandbank vordringt. An der Küste der Vereinigten Staaten gelangt es dann in der Furche zwischen dem Festlande und dem Golfstrome noch weiter nach Süden und geht allmählich über in das bis zur Spitze von Florida auftretende kalte Druckwasser.

Sodann besteht eine kalte Oberflächenströmung an der Ostküste Asiens. Aus dem Beringmeere und dem Ochotskischen Meere mit dem Tatarischen Golfe, dem „Nordpacifischen Eismeere", setzt eine Küstenströmung nach Süden. Auch hier tritt schon an der Ostküste von Japan und dann im Verlaufe der Festlandsküste bis nahe zum Äquator das kalte Druckwasser auf. Eine scharfe Grenze zwischen ihm und der eigentlichen Strömung läßt sich auch hier nach dem heutigen Standpunkte der Forschung noch nicht ziehen.

Auf der südlichen Halbkugel dringt im Osten von Südamerika eine mit gewaltigen Eismassen beladene Strömung aus dem Eismeere bis weit in die gemäßigte Zone vor. Gegen Norden geht sie an der Küste wieder in Druckwasser über. Ob vielleicht noch anderweitig, insbesondere südöstlich von Neuseeland, ein Vorstoß antarktischen Wassers erfolgt, der als kalte Strömung bezeichnet werden kann, läßt sich nach der heutigen Kenntnis des südlichen Polarbereiches noch nicht entscheiden. Das sonstige kalte Oberflächenwasser der gemäßigten und heißen Zone, insbesondere das bei Südafrika, ist ebenso wenig wie das bei Peru ein antarktischer Strom, sondern Druckwasser.

Der Fortschritt, den die Erforschung der Meeresströmungen seit 30 bis 40 Jahren gemacht hat, gipfelt darin, daß der Widerspruch behoben ist, in dem die angenommenen Ströme zu wohlbeglaubigten Beobachtungen aus älterer Zeit, sowie zu den Gesetzen der Physik standen. Daß warme und kalte Ströme durch 20 bis 30 und mehr Breitengrade unmittelbar nebeneinander in entgegengesetzter Richtung fließen sollten, war unverständlich; gar nicht davon zu reden, daß der bei Neufundland untertauchende Labradorstrom von Marokko ab seinen oberseeischen Lauf längs der afrikanischen Küste fortsetzen sollte und dergleichen. Heute lassen sich alle wesentlichen Züge der Meeresströmungen wenigstens qualitativ aus physikalischen Gesetzen herleiten.

Dieser Erfolg war freilich nur möglich, indem man auf eine einheitliche Erklärung aus einer einzigen Ursache verzichtete. Allerdings beruht die Anordnung der ozeanischen Gewässer in erster Linie auf ihrem Dichtigkeitsunterschiede. Doch üben Luftströmungen und Rotationskraft einen so wesentlichen Einfluß auf die Oberfläche aus, daß die Meeresströme nur verständlich werden aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Kräfte. Die Ursachen quantitativ gegeneinander abzuwägen, das wird noch auf lange Zeit hinaus Aufgabe der Forschung sein."

Ostbaltische Seebären. Sehr selten ereignet es sich, daß in einigen Meeresbecken bei ruhigem Wetter und glattem Spiegel plötzlich eine mehrere Fuß hohe und zuweilen sich wiederholende Flutwoge auftritt. Flache Gestade überspülend, Boote auf den Strand werfend, Menschen zur eiligen Flucht zwingend, verschwindet sie ebenso unvermittelt, wie sie gekommen — und das Meer liegt wieder ruhig da wie zuvor. Von den Anwohnern der westlichen Ostsee werden derartige Naturerscheinungen bekanntlich als „Seebären" bezeichnet, ein Wort, das durch Verstümmlung des niederdeutschen, noch vor zwei Jahrhunderten gebräuchlichen, dem heutigen Sprachschatze aber verloren gegangenen Worte bahre (= Woge) entstanden.

Eine umfangreiche Studie über ostbaltische Seebären hat Prof. Dr. B. Doß veröffentlicht.[1]) In Pommern und Mecklenburg fanden solche statt: am 31. Oktober 1755 bei Travemünde (vermutungsweise), 1. November 1755 im Lübecker Hafen, 15. Juli 1756 am Strande von Hinterpommern, 23. April 1757 bei Treptow, 4. März 1779 bei Leba und Kolberg, Ende des 18. Jahrhunderts (Zeit unbestimmt) bei Heukenhausen nordöstlich Kolberg, zu unbestimmter Zeit (innerhalb der 1821 vorangegangenen 30 Jahre) zwischen Kolberg und Köslin, Anfang des 19. Jahrhunderts in zwei Fällen an der Küste von Rügen, 3. Januar 1825 bei Kopenhagen 15. Juli 1832 bei Danzig, 1848 bei Wustrow, 23. August 1853 bei Kolberg und bei Kranz (Ostpreußen), 31. Dezember 1854 im Kieler Hafen, 14. Januar 1858 an der Nordküste der Insel Dagö, Mai 1873 bei Darsser Ort, Frühling 1885 (oder 1884) an der Westküste von Hiddensöe, 16. bis 17. Mai 1888 an der Küste von Hinterpommern und Mecklenburg.

An den Gestaden der russischen Ostseeprovinzen ist die Erscheinung nur einmal, nämlich 1858 Januar 15. (n. B.) bei der Insel Dagö beobachtet worden, worüber Prof. Doß speziellere Daten beibringt. Aus der Besprechung dieser und mehrerer anderer Erscheinungen derselben Art schließt Prof. Doß, daß atmosphärische, durch das Auftreten umlaufender Winde und Wirbelwinde gekennzeichnete Vorgänge ausnahmslos jene plötzlich auftretenden Flutwogen hervorgerufen haben. Seismische Ursachen kommen bei

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik **8**. p. 367.

keinem einzigen Falle in Betracht, und insbesondere ist dies für den Dagöer Seebären zu betonen, da für dessen seismische Natur bis in die jüngste Zeit immer wieder einzelne Forscher eingetreten sind, während schon 1858 L. Kämtz ganz richtig auf dessen meteorologisches Gepräge hingewiesen hatte.

Unter den ostbaltischen Seebären zeichnen sich die der Pernauer Bucht durch einen bemerkenswert lange andauernden Wasserstau (eine halbe Stunde und mehr) aus, der nur durch Bildung stehender Wellen infolge Interferenz erklärt werden kann. Im Gegensatze hierzu verlaufen sich die an der gestreckten Libauer Küste auftretenden Seebären schon innerhalb weniger Minuten. Daß bei einem dieser letztern die ursächliche Verbindung des plötzlichen Wogenstaues an der Küste mit einer auf dem Meere entstandenen Wasserhose zur Beobachtung gelangte, ist insofern von besonderer Bedeutung, als direkte Wahrnehmungen über die Bildung der Seebären bisher noch in keinem einzigen Falle vorlagen, und die atmosphärische Natur derselben immer nur auf indirektem Wege erschlossen werden konnte.

Einige der ostbaltischen Seebären bieten außerdem noch insofern ein nicht gewöhnliches Interesse, als die während ihres Auftretens angestellten Beobachtungen zu dem Schlusse führen, daß einerseits die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit der Herausbildung seichesartiger Schwingungen auf offener See (wie beim Dagöer Seebären) zugestanden werden muß, und anderseits in Flußmündungen die Seebärenwoge durch die Entstehung einer Sprungwelle eine Überhöhung erfahren kann, wodurch z. B. die großen Amplituden einiger Pernauer Seebären (bis 3 *m*) eine ungezwungene Erklärung finden.

Der finnische Meerbusen. Die bisherigen geophysikalischen Beobachtungen über diesen wichtigen Teil der Ostsee sind in zahlreichen Einzelabhandlungen zerstreut, die zum Teile schwer zugänglich, auch teilweise in russischer Sprache erschienen. Es ist daher ein verdienstvolles Unternehmen, diese Forschungsergebnisse zusammenzutragen, kritisch zu sichten und zu einem geographischen Gesamtbilde zu vereinigen. Diese Arbeit hat Dr. Eugen Ferd. Piccard ausgeführt, und er war zu derselben durch mehrjährigen Aufenthalt in Petersburg und Besuch der Küsten des Busens, endlich durch seine Kenntnis der russischen Sprache vorzüglich geeignet. Die Ergebnisse seiner Studien hat er in einer Publikation unter dem Titel: „Beiträge zur physischen Geographie des Finnischen Meerbusens“,[1]) veröffentlicht, eine Publikation, welche die Aufmerksamkeit der Geographen und Geophysiker verdient. Denn in ihr findet sich alles vereinigt, was wir zurzeit in geophysikalischer Beziehung über den

[1]) Kiel 1906, Robert Cordes, Verlagshandlung.

Finnischen Meerbusen wissen, auch gibt Dr. Piccard eine ausführliche Zusammenstellung der vorhandenen Literatur über denselben.

Werfen wir an der Hand dieser Darstellung einen raschen Blick auf den Finnischen Meerbusen, so sind es zunächst die morphologischen Verhältnisse, die in Betracht kommen. Da dieser Meerbusen sich westwärts mit breiter Ausbuchtung gegen die Ostsee öffnet, so ist klar, daß seine westliche Grenze nur willkürlich festgesetzt werden kann. Dr. Piccard schlägt vor, den Finnischen Busen durch die gerade Linie Spithamn-Hangö von der Ostsee abzugrenzen, und gibt innerhalb dieser Grenze das Areal desselben zu 29 844 *qkm* an. Die größte Tiefe gibt er zu 113 *m*, die mittlere zu 35.6 *m* und das Volumen zu 1064 *ckm* an. Die Gestade des Finnischen Meerbusens zeigen zum großen Teile negative Strandverschiebungen (Hebungen) wie das gegenüberliegende Skandinavien. Schon 1754 machten die Schweden bei Hangö Udd eine Marke im Gesteine, um die etwaige Strandverschiebung erkennen zu können, regelmäßige Beobachtungen an 47 Punkten sind aber erst seit 1837 vorhanden. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts führte Kosakewitsch als Beweise für die Hebung Südfinnlands folgende Tatsachen an: Den Namen vieler Orte, die gegenwärtig auf dem Festlande liegen, sind die Endungen -holm (kleine Insel), -ö (Insel), -sund (Meerenge, Durchfahrt), -Wiek (Meeresbucht) angehängt, Bezeichnungen, die offenbar darauf deuten, daß diese Stellen früher dem Meere und nicht dem Festlande angehörten und dem jetzigen Verhältnisse nicht mehr entsprechen. Große Uferfelsen, welche in frühern Zeiten öfter vom Wasser überspült wurden, so daß die Strandbewohner an ihnen Seehunde jagten, ragen jetzt hoch über das Wasser hervor und liegen stets trocken. Dunkle horizontale Streifen (durch die chemische Wirkung des Meerwassers erzeugt), natürliche Ufermarken des ehemaligen Mittelstandes des Meeres, sind an steilen Uferstellen ersichtlich, in einer Höhe, die das Meer jetzt nicht mehr erreicht. Regelmäßige, wallartige, langgestreckte Streifen völlig abgerundeten Gerölles kristallinischer Gesteine liegen auf hohen, flachen Granit- und Sandhügeln.

Nach den Untersuchungen von Bonsdorff kann folgendes als Tatsache betrachtet werden. Das Aufsteigen Südfinnlands nimmt von Westen nach Osten bis Porkala zu und von da nach Osten ab; im Südwesten beträgt es durchschnittlich 55.2 *cm* im Jahrhunderte. Bei Reval konnte keine Strandverschiebung nachgewiesen werden, und Bonsdorff nimmt an, daß die ganze Südküste des Finnischen Golfes sich in Ruhe befindet.

Von 1841 bis 1887 beträgt die Hebung bei Kronstadt 2.43 *cm* (0.54 *mm* jährlich) und scheint von 1841 bis 1858 stärker vor sich gegangen zu sein als in der Zeit von 1858 bis 1887.

Nach Rosberg ist das Aufsteigen Finnlands viel intensiver im Innern der Scheeren als außerhalb derselben, da wo die limnimetrischen Beobachtungen ausgeführt wurden. Es sind besonders die

flachen Buchten und die kleinen Meerengen, welche eine abnorme Landhebung zeigen. In der Strömsby-Wiek würde die Hebung 60 *cm* in 45 Jahren betragen, am Prestholmen 75 *cm* in 60 Jahren.

Was die geologische Beschaffenheit anbetrifft, so ist der mächtige Gegensatz zwischen Finnland und dem größten Teile Skandinaviens, welche aus kristallinischen Gesteinen archäischen und algonkischen Alters bestehen und den aus fast horizontalen paläozoischen Schichten, welche sich auf Gothland und Oland wiederfinden, bestehenden russischen Ostseeprovinzen bekannt. „Nirgends," sagt Piccard, „ist der Kontrast imposanter als im Finnischen Meerbusen, wo den Gneisen und Graniten Finnlands gegenüber die majestätische cambrisch-silurische Platte Esthlands das südliche Ufer, dort wo es nicht aus diluvialen Gebilden besteht und einen mächtigen Absturz erleidet, welcher die Schichtenköpfe zutage kommen läßt und eines der schönsten natürlichen geologischen Profile unseres Planeten bildet. Das nördliche Ufer zeigt gegenwärtig eine negative Strandverschiebung, seine Erhebung beträgt 0.5 *m* im Jahrhunderte, wenigstens im Westen, und die Scheeren sind nichts anderes als eine Rundhöckerlandschaft, vom Inlandeise, welches seine Schrammen hinterlassen, modelliert, deren Depressionen das Meer einnimmt, und die, nachdem sie durch eine Strandverschiebung vollständig überflutet gewesen, sich nun vom Grunde des Meeres erhebt, in welchem sie, um Rosbergs drastischen Ausdruck zu gebrauchen, „ihre ursprüngliche Form so gut bewahrt hat, wie ein anatomisches Präparat in Spiritus". Das südliche Ufer, im Gegenteil, weist keine Strandverschiebung auf, was die Horizontalität der Schichten und die Abwesenheit von Dislokationen a priori vermuten lassen konnte. Es muß also notwendig zwischen dem nördlichen und südlichen Ufer des Finnischen Golfes eine Verwerfung vorhanden sein, welche Verf. nach seinen eigenen morphologischen Untersuchungen über das unterseeische Relief in die Nähe Esthlands, vom Meridian des Kap Spithamn bis zu demjenigen des Kap Perespe, in die größten von uns, die Eingangsrinne und die große Esthländische Mulde, benannten Tiefen, verlegt."

Was das nördliche Ufer des Finnischen Meerbusens anbelangt, so steigt das Land von der niedrigen Scheerenküste ab ganz langsam an bis zum sogenannten „Land der tausend Seen" oder der Finnischen Seenplatte, welche die Mitte der Region zwischen dem Bottnischen und Finnischen Meerbusen und dem Ladogasee einnimmt, eine mittlere Höhe von 100 *m* besitzt und sich durch außerordentlichen Reichtum an Seen auszeichnet. „Auf dem breiten Saume zwischen dem Finnischen Meerbusen und der eigentlichen Seenplatte sind die Seen verhältnismäßig viel seltener; an manchen Stellen, besonders im Süden, treffen sich unzählige, z. T. sehr nahe aneinander gerückte Anhöhen, welche die Höhe von 100 *m* nicht überschreiten; die ganze Zone ist von Westen nach Osten durch einen großen Queras oder eine Frontalmoräne durchschnitten, welche von der

Hangöspitze bis Vesijärvi unter dem Namen As von Lojo und von dort bis Joensuu unter dem Namen Salpausselkä sich hinzieht. Der Salpausselkä, welcher mehr in der Nähe der Seenplatte verläuft, einen mächtigen, nach Süden gerichteten Bogen beschreibend, wird im Norden und in einem Abstande von 20 bis 30 *km* von einem andern parallelen Landrücken begleitet. Diese Asar ragen 20 bis 30 *m* über die umliegende Gegend hervor."

Längs des südlichen Ufers bilden Esthland und Ingermanland im Westen und im Osten von einer Einsenkung, welche von den Systemen der Flüsse Narowa und Luga eingenommen ist, zwei große Ebenen, von denen jede in einem Plateau von 120 bis 150 *m* kulminiert, Esthland in der Umgegend von Wesenberg, Ingermanland zwischen Moloskowitzy und Jelisavetino, während der ganze nördliche Rand des Landes unmittelbar am Strande oder in einer mehr oder weniger großen Entfernung von demselben einen schroffen Absturz, den Glint, bietet. Am Fuße des Glintes, da wo er nicht vom Meere umspült ist, erblickt man eine niedrige und ziemlich buchtenreiche Küste. Vom Glint ab erhebt sich das Land langsam bis zur Wasserscheide, welche sich von Westen nach Osten in einer geringen Höhe hinzieht und die Mitte des Landes einnimmt.

Über die meteorologischen Verhältnisse gibt Dr. Piccard zahlreiche und umfangreiche Tabellen, doch sind die Beobachtungen noch bei weitem nicht genügend, um sichere Mittelwerte ziehen zu können.

Eine sehr merkwürdige, aber aus der Gestalt und Lage des Finnischen Meerbusens, seiner Verbindung mit der Ostsee und der vorwaltenden Richtung der Fortbewegung der atmosphärischen Wirbel hervorgehende Erscheinung sind die Sturmfluten, welche nicht selten Petersburg bedrohen. Diese Gefahr wird vergrößert dadurch, daß Petersburg auf dem niedrigen Newadelta liegt. Schönrock sagt hierüber: „Eine mächtige Wasserwelle, von der Breite mindestens des Meerbusens, gewöhnlich aber bei SW- und WSW-Winden von noch größerer Breite, da sie dann diagonal verläuft, wird zur Newa getrieben. Hier verengt sich der Meerbusen ganz bedeutend zu der Bucht der Newa, und diese enorme Wassermenge muß hier unwillkürlich an Höhendimensionen stark zunehmen."

Rykatschew hat ein Verzeichnis aller von 1691 bis 1898 eingetretenen Sturmfluten gegeben. Im ganzen wurden während dieser 208 Jahre 189 Überschwemmungen registriert, d. h. Stände des Meeres von 1.5 *m* an über Null. Überschwemmungen mit Pegelständen von 2.1 *m* sind selten, solche von 2.4 *m* sehr selten. Die Überschwemmung am 19. November 1824 mit einem Wasserstande von 4.1 *m* war die höchste. Es wurden durch dieselbe 324 Häuser zerstört, 3257 Bauwerke erlitten Beschädigungen, 208 Personen fanden den Tod. In Kronstadt erreichte das Wasser 3.45 *m* über Null. Die meisten hölzernen Bastionen mit ihren Kanonen und

Ankern wurden fortgerissen. Die steinernen Befestigungen hielten stand, obgleich hier und da Mauerwerke und Kanonen umgeworfen waren. Von den 94 anwesenden Schiffen wurden nur zwölf gerettet; 76 Personen ertranken.

Am 16. November 1897 wurde fast das ganze Newadelta überschwemmt, und von der Insel Kotlin ragten nur die Stadt Kronstadt und ein ganz schmaler Streifen im Zentrum der Insel aus den Fluten hervor. Für diese Sturmflut wurde zum erstenmal (von Rykatschew) der Gang der Erscheinung von dem Eingange des Finnischen Meerbusens (Hangö) bis nach St. Petersburg festgestellt. Der höchste Wasserstand wurde in Hangö um 3 Uhr morgens beobachtet, in Hochland gegen 7 Uhr morgens, in Kronstadt um 11 Uhr morgens und in St. Petersburg mittags um 12 Uhr. Die Welle legte die Strecke Hangö-Kronstadt in $8^1/_2$ Stunden zurück (Geschwindigkeit 44.4 *km* in der Stunde). Die Strecke Kronstadt —St. Petersburg wurde in einer Stunde durchmessen (25.9 *km* in der Stunde).

Nach den Zusammenstellungen von Schönrock fallen die meisten Überschwemmungen auf die Monate September bis einschließlich Dezember, die wenigsten auf März und April. Hauptsächlich sind es stürmische Winde aus Südwesten bis Westen, welche sie verursachen.

Die Strömungen im Finnischen Meerbusen sind im allgemeinen nur unbedeutend, nach Ackermann findet zwischen der Achse desselben und der finnländischen Küste eine schwache westliche Strömung statt. Die Gezeiten sind auch unbedeutend.

Die Strömungsverhältnisse im Golfe von Mexiko. Leutnant John C. Soley von der Ver. Staaten-Marine hat sich bemüht, die Frage nach der Wasserbewegung im Golfe zu erledigen, und zwar dadurch, daß die Schiffe, welche den Golf durchfahren, mit Formularen versehen wurden, in die sie Schiffsort, Windrichtung und Windstärke, Stromrichtung und Stromgeschwindigkeit, Temperatur und Farbe des Wassers eintragen sollten. Damit wurde im Juli 1905 begonnen, und das Unternehmen hat seitens der Schiffskapitäne so großen Beifall gefunden, daß ein überreiches Material bereits bis Anfang 1907 zusammenkam und Leutnant Soley in den Stand setzte, die Frage eingehend zu diskutieren. Seine bezügliche Arbeit ist im Februarhefte 1907 der Annalen der Hydrographie in deutscher Übersetzung erschienen, und folgendes ist ihr Hauptinhalt:

Die Naturgesetze, welche die Verhältnisse im Golfe von Mexiko regeln, sind:

1. Ein Wasserstrom wird der Richtung des geringsten Widerstandes folgen.

2. Da Wasser unelastisch ist, wird eine erzwungene Wasserverschiebung an einem Orte immer durch eine entsprechende Bewegung

an einem andern Orte ausgeglichen, während diese Bewegung wiederum durch eine entgegengesetzte abgelöst wird, sobald die störende erste Ursache aufgehört hat.

3. Eine Strömung ist nur eine Frage der Dichtigkeit; Winde verursachen keine Strömung, sie bewirken nur Wellen; die Mondphasen verursachen keine Strömung, obwohl sie die Gezeitenbewegung beeinflussen mögen.

4. Dauernde Strömungen gibt es nicht in seichtem Wasser, aber starke Strömungen können in seichtem Wasser dann auftreten, wenn bestimmte Einflüsse einen starken Strom zeitweilig zu einer Veränderung seines Bettes zwingen, so daß er der Richtung des geringsten Widerstandes folgen muß.

5. Eine Strömung hat größere Kraft und Stärke an der dem Lande abgewendeten Seite, weil sie an dieser Stelle weniger durch Reibung verzögert wird, während sie sich an der Landseite, wo die Reibung größer ist, außerdem auch noch auszubreiten hat, um den Biegungen der Küste folgen zu können.

Physikalischer Charakter des Golfbeckens. Der Golf von Mexiko besteht aus einer ungeheuern, von Land eingeschlossenen Wassermenge mit zwei verhältnismäßig schmalen Öffnungen, dem Kanale von Yukatan und der Floridastraße. Das Wasser ist im Yukatankanale sehr tief, 1200 Faden (2195 *m*) in der Mitte; die 1000 Faden- (1829 *m*-) Linie ist sehr nahe bei der 100 Faden- (183 *m*-) Linie und folgt ihr dicht auf dem Fuße, so daß gewissermaßen unter Wasser eine Mauer aufgerichtet ist, die dem Laufe der Strömung die Richtung gibt. Dagegen läuft in der Floridastraße die 1000 Fadenlinie quer über die Straße, und die Tiefe nimmt sehr schnell von 1000 Faden (1829 *m*) in der Nähe von Havanna bis auf 400 Faden (732 *m*) nahe bei den Foweyfelsen ab. Die Mitte des Golfes ist ein tiefes, großes Becken, über 2000 Faden (3657 *m*) tief, angefüllt mit sehr kaltem Wasser. Dieses tiefe Becken bedeckt einen großen Teil der ganzen Fläche des Golfes, und die Tiefenänderungen liegen immer nahe beim Ufer.

Gezeiten. Es gibt keine Gezeiten in dem Golfe von Mexiko, aber es machen sich Gezeiteneinflüsse infolge physikalischer Bedingungen bemerkbar; das Einströmen des Wassers in den Golf geschieht durch den Kanal von Yukatan, und die Ebbe geht durch die Floridastraße. Die so gebildeten Strömungen sind andauernd und verfolgen immer einen bestimmten Kurs; Gegenwinde können die Strömung an der Oberfläche verzögern oder ablenken, Mitwinde können sie verstärken; diese Kräfte in ihrer Einwirkung auf die Strömungen in dieser von Land eingeschlossenen Wassermasse verursachen Änderungen in der Höhe des Wasserspiegels in verschiedenen Teilen des Golfes, die irrtümlich für Gezeiten gehalten werden. Dies sind aber keine Gezeiten in irgend einem Sinne, den dies Wort haben könnte, sondern es zeigt nur die Abhängigkeit des Wassers

an der Oberfläche von Naturgesetzen, während die stetige Bewegung der großen Wassermasse der Strömung ununterbrochen vor sich geht.

Die Richtung der Strömung. Die Hauptströmung im Golfe von Mexiko ist ein besonderer Teil des Golfstromes und kommt von der Äquatorialströmung her, die durch das Karaibische Meer fließt. Diese warme Strömung erreicht den Kanal von Yukatan mit ihrer vollen Kraft und einer Temperatur von rund 27°, d. i. wie sie am Äquator sich findet. Nach dem Durchgange durch den Kanal teilt sie sich in drei Teile, in den Hauptast des Stromes und in den Nordwest- und in den Ostzweig. Der Hauptast folgt der 200 *m*-Linie längs der Campechebank und wendet sich westwärts, mit größerer Geschwindigkeit da, wo die Tieflinien einen steilen Abfall zeigen; er zieht mit einer leichtgeschwungenen Kurve an der mexikanischen Küste hin bis zur Zerezspitze, wo er nach Nordosten abgelenkt wird und diese Richtung beibehält, bis er auf der Höhe des South Pass anlangt. Hier biegt der Hauptast bald nach Südosten um und folgt wieder den Tiefenlinien bis zu einem Abstande von etwas weniger als 60 Meilen von den Dry Tortugas, wo er scharf nach Südwesten umbiegt und dann nach Osten in die Floridastraße hineingeht.

Gehen wir zurück zum Kanale von Yukatan, so verläßt der nordwestliche Zweig den Hauptast an der nordöstlichen Ecke der Campechebank und bewegt sich nach Nordwesten, indem er sich südwestlich vom Mississippidelta wieder mit dem Hauptaste vereinigt.

Der östliche Zweig wendet sich vom Kanale von Yukatan nach Osten, indem er den eigentümlichen Tiefenlinien folgt, wo diese von 1000 Faden (1829 *m*) auf 600 Faden (1097 *m*) und 400 Faden (732 *m*) schornsteinartig verjüngt ansteigen bis querab von Fowey, wo er sich mit dem Hauptaste der Strömung vereinigt.

Dann gibt es noch zwei Gegenströmungen innerhalb des Gebietes des Golfes, die entschieden andauernder Art sind. Die erste, mit der Bezeichnung kubanische Gegenströmung, hat ihren Ursprung im Bahamakanale und stammt aus dem Teile der großen Äquatorialströmung, die bei den Windwardinseln vorbeifließt und dann in westlicher Richtung im Norden von der Insel Kuba vorbeigeht. Wenn diese Strömung die Cay Salbank erreicht hat, wo sie einen Arm durch den Santarenkanal abgibt, um sich mit dem Golfstrome zu vereinigen, geht sie weiter durch den Nicolaskanal, indem sie sich vor Havanna dicht an der Küste hält, biegt um das Kap San Antonio herum nach Südosten innerhalb des Golfstromes und geht weiter in der Richtung nach Jamaika, wo sie nach Süden abbiegt in der Richtung auf Colon hin und sich mit der Hauptströmung vereinigt.

Die zweite westliche Gegenströmung beginnt in der Nähe von Pensacola, geht von dem Eingange der Bucht von Mobile vorbei, wo sie durch das Wasser der in den Golf mündenden Flüsse verstärkt wird, das ausnahmslos die Richtung nach Westen annimmt. Diese

Gegenströmung geht dicht unter Land am Delta des Mississippi vorbei, zwischen dem Feuerschiffe und den South Pass-Wellenbrechern; sie geht von hier weiter nach Westen innerhalb der 100 Fadenlinie und macht ihren Einfluß über die ganze Bucht bis nach Galveston geltend, wo sie sich nach Süden wendet und dicht unter Land hält bis zur Zerezspitze. Hier macht sie einen scharfen Bogen, vereinigt sich mit dem Hauptaste des Golfstromes und vermindert seine Temperatur um etwa 3°.

Einfluß des Windes auf die Strömungen. Ein Südostwind im Yukatankanale beschleunigt die Geschwindigkeit des Stromes auf seinem ganzen Wege durch den Golf und besonders den östlichen Zweig und schwächt den Einfluß des kubanischen Gegenstromes an der Oberfläche ab.

Ein Nordostwind an der Ostküste von Florida, der gewöhnlich auftritt, wenn ein Sturm an der Küste hinaufzieht, verlangsamt den Strom im Verhältnisse zur Windstärke. Sein Einfluß wird zunächst bei Jupiter Inlet bemerkt, wo die Bewegung des Stromes an der Oberfläche infolge dieser Ursache bisweilen ganz aufhört. Der Floridagegenstrom fließt dann stärker; der Teil des Hauptastes zwischen South Pass und Tortugas verlegt sich näher an die Küste von Florida heran; der nordwestliche Zweig wird stärker und viel weiter östlich verspürt; der östliche Zweig zeigt bei Havanna fast Stillstand, und an der Westküste Floridas ist der Wasserspiegel bisweilen einen ganzen Faden (1.8 *m*) niedriger als das mittlere Niedrigwasser. Dieses Zurückhalten des Stromes ist das Ergebnis eines mechanischen Druckes auf das Wasser bei den Foweyfelsen, und eine Gezeiteneinwirkung wird sofort an der Alabama- und Mississippiküste bemerkt und sogar im Pontchartrainsee.

Während eines Norders, dessen Wirkungen gewöhnlich auf den westlichen Teil des Golfes beschränkt sind, wird der Hauptast, der gewöhnlich die Campechebank umfließt, von seinem Wege abgelenkt; er fließt dann — auch nach Westen, wie sonst — aber über die Bank zwischen Alacran und Progreso mit einer Geschwindigkeit von 1.5 Seemeilen in der Stunde und geht dann die mexikanische Küste entlang, aber nun ganz dicht am Ufer entlang. Sobald der Druck des Norders aufhört, geht der Strom zu seinem eigentlichen Bette um die Campechebank zurück, und dann besteht kein Strom mehr zwischen Progreso und Alacran, während die Temperatur des Wassers auf der Bank um etwa 6° fällt.

Die westliche Gegenströmung wird merklich nur durch einen Südostwind beeinflußt, der in dem Teile des Golfes in der Nähe von Galveston einen Wirbel hervorruft; unter dieser Bedingung läuft die Strömung nahe bei der Healdbank gerade in den Wind auf und ist ganz stark.

Mittelsee. Es gibt zwei kleine Flächen, die Westsee und Mittelsee (erstere in 93° L. und 24° nördl. Br., letztere in 86½° L.

25½° nördl. Br.). In der Westsee gibt es keine merkliche Strömung, und Schiffe innerhalb dieses Bezirkes beobachten nur die durch den Wind verursachte Abdrift. Das Wasser ist im allgemeinen hier kälter als in irgend einem andern Teile des Golfes. — In der Mittelsee herrschen zu gewissen Zeiten sehr eigentümliche Verhältnisse; es gibt innerhalb ihrer Grenzen nicht eine Spur von Strömung; der südöstliche Teil des Hauptstromes im Osten und die nordwestliche Zweigströmung im Westen, die so nahe in entgegengesetzten Richtungen vorbeigehen, verursachen eine Kreisbewegung, die aber sehr geringfügig ist. Im August ist diese Bedingung besonders ausgeprägt, und fast alle Treibgegenstände, die aus den Flüssen kommen, und alles andere, was im Golfe herumtreibt, arbeitet sich nach diesem Mittelsee hin und bleibt auch da, während das Wasser entfärbt, und seine Temperatur etwa 6° niedriger ist als außerhalb ihrer Grenzen; ein von der Besatzung verlassener Schuner blieb während des ganzen Januar 1906 in der Mittelsee. Stromkabbelungen werden häufig in oder nahe bei dem südlichen Teile dieser Gegend beobachtet, aber sie sind nur das Anzeichen des Zusammentreffens des südöstlichen Teiles des Hauptastes und des nordwestlichen Zweiges, die zeitweilig ganz nahe aneinander rücken.

Treibendes Öl. Ein ausgedehntes Feld treibenden Öles liegt in 27° nördl. Br., 91° bis 92° westl. L., das häufig erscheint, und zwar bisweilen monatelang hintereinander. Dies Öl steigt anscheinend vom Boden des Golfes auf und verbreitet sich über eine weite Fläche.

Einflüsse der Jahreszeiten auf die Strömungen. Die Richtung der Störmungen, wie oben angegeben, ist die normale Richtung, die der tatsächlichen Richtung der Strömungen in den Sommermonaten Juni, Juli und August entspricht, und der in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar. September, Oktober und November sind die Orkanmonate, und während dieser Monate weht der Wind in den Stürmen, die über den Golf oder in seiner Nähe vorbeiziehen, im allgemeinen aus östlicher Richtung. Die Oberflächenbewegung wird dadurch in der Weise so beeinflußt, daß der nordwestliche Zweig beinahe die Tortugas erreicht und gradenweges auf South Pass gerichtet ist, während der Hauptstrom in einem Bogen näher an die Westküste von Florida gedrängt wird. In den Frühlingsmonaten April und Mai macht sich der Einfluß des aus den Flüssen in den Golf eintretenden Wassers geltend: der westliche Gegenstrom wird stärker und vermindert bei seiner Vereinigung mit dem Hauptstrome die Temperatur des Hauptstromes sofort um etwa 3°. Wenn der Mississippi im April und Mai seinen Hochstand erreicht, strömt ein großer Teil des Flußwassers nach Südost ab von South Pass und tritt in den Hauptast des Stromes ein. Die treibende Kraft dieser Masse frischen Wassers wendet den Strom hier unmittelbar nach Südost und verstärkt seine

Masse und Geschwindigkeit. Während dieser Monate läuft die Südostströmung mit einer Geschwindigkeit von 1.5 bis zu 3 Seemeilen in der Stunde, aber sie ist sehr empfindlich gegen Windeinflüsse.

Flußmündungen. Es ist eine bemerkenswerte Tatsache, daß sich das Wasser von allen Flüssen, die in den Golf münden, in See nach rechts wendet, d. h. nach Westen bei Mobile und beim Delta, nach Süden an der mexikanischen Küste. Eine Folge davon ist, daß sich Sandbänke immer an der westlichen oder südlichen Seite der Flußmündungen bilden, während die entgegengesetzte Seite reines und tiefes Wasser hat. Schiffe sollten deshalb bei der Einfahrt in irgend einen Hafen der Küste immer nach der Ostseite der Einfahrt hinsteuern und das gefährliche Wasser an der Westseite meiden. Diese Regel gilt besonders für Mobile, South Pass, Galveston und Tampico.

Die Gezeiten in der Madura- und in der Soerabajastraße sind von Dr. D. F. Tollenaar erörtert worden.[1]) Die Gezeitenbewegung in der Straße Madura zeigt danach folgende Eigentümlichkeiten:

1. Eine sehr rasche Zunahme der Amplituden der Tide, die bei den halbtägigen Tiden bedeutend größer ist als bei den eintägigen.

2. Eine sehr rasche Fortpflanzung der Gezeiten.

3. Die Gezeitenströme nehmen an Stärke ab und zeigen in der Umgebung von Zwantjesdroogte den Charakter von sogenannten Stauungsströmen, d. h. Strömen, bei denen der stärkste Strom bei mittlerm Wasserstande, Nullstrom ungefähr zu Hochwasser- und Niedrigwasserzeit stattfindet.

Als hauptsächlichste Ursache für dieses Verhalten wird der Umstand angeführt, daß die aus dem Osten sich fortpflanzende Gezeitenbewegung auf dem Javawalle zwischen Pasoeroean und Soerabaja nahezu total reflektiert wird. Wäre die Straße daselbst ganz offen und unverändert in Tiefe und Breite durchlaufend, so würde man eine gewöhnliche Fortpflanzung haben: gleichbleibende Amplituden von Tide und Strom, normale Fortpflanzungsgeschwindigkeit, stärkster Strom bei Hoch- und Niedrigwasser. Wäre dagegen die Straße daselbst ganz geschlossen, so würde man eine totale Reflexion der Gezeitenwellen erhalten, somit eine stehende Welle: größte Amplitude der Gezeiten und Ströme = Null am geschlossenen Ende, gleichzeitiger Hoch- und Niedrigwasserstand durch die ganze Straße, somit unendlich große Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Ströme, die genau mit mittlerm Niveau am größten und bei Hoch- und Niedrigwasser Null wären. In Wirklichkeit ist aber die Straße nicht ganz geschlossen, und man kann somit ein Verhalten zwischen den beiden genannten Fällen erwarten, was mit der Wirklichkeit übereinstimmt.

---

[1]) De ingenieur 1906. Nr. 46, 1907 Nr. 12. Ref. in Annalen d. Hydrographie 1907. p. 296.

Die mathematische Behandlung folgt dann, bezüglich deren auf das Original verwiesen wird.

Die ozeanographischen Verhältnisse in der Umgebung Spitzbergens sind gelegentlich der schwedischen Polarexpedition unter A. G. Nathorst (1898) untersucht worden. A. Hamberg hat jetzt über die hydrographischen Arbeiten dieser Expedition berichtet,[1]) und Dr. W. Brennecke die Hauptergebnisse kritisch zusammengestellt.[2]) Hiernach bestand eine der Hauptaufgaben in hydrographischer Beziehung in der Nachlotung der von der schwedischen Polarexpedition unter Nordenskiöld (1868) aufgefundenen sogenannten Schwedischen Tiefe in 78° 26′ nördl. Br. und 2° 17′ westl. L., welche 4720 *m* betragen sollte. Die Lotungen der Nathorstschen Expedition ergaben eine Tiefe von 2690 *m* in 78° 13′ nördl. Br., 2° 58′ westl. L. (20 *km* südwestlich der angegebenen Position). Da die Methodik des Lotens früher nicht so gut ausgebildet war, ist die Tiefe auf 2690 *m* reduziert worden, ob mit Recht, bleibt nach Brennecke noch fraglich, da die Positionen relativ weit auseinander liegen.

Die Ergebnisse der Beobachtungen über Temperatur und Salzgehalt der Meeresoberfläche hat Hamberg im Zusammenhange mit den gleichzeitigen Beobachtungen einiger norwegischer Eismeerfahrer in einer Karte niedergelegt, welche den Zustand der Grönlandsee und der spitzbergischen Gewässer im Sommer 1898 wiedergibt. Die Karte beruht durch die hinzugezogenen Beobachtungen der Eismeerfahrer auf einem reichhaltigern Materiale wie die frühern von Tornöe, Pettersson und Nansen und zeigt interessante Einzelheiten. Zu diesen gehört in erster Linie das Auftreten von Wasser mit relativ hohem Salzgehalte an der Nordwestecke Spitzbergens, einem etwas mit Polarwasser gemischten Golfstromwasser von 34.5 ‰. Dieses setzt sich entlang der Nordküste Westspitzbergens bis Nordostland fort und erfüllt auch die zwischen beiden liegende Hinloopenstraße, ist aber von dem an der Westküste Spitzbergens nach Norden gehenden Golfstromarme durch Wasser von 33 bis 34 ‰ Salzgehalt und niederer Temperatur getrennt.

Der Golfstrom ist ungefähr auf $78^1/_2°$ nördl. Br. unter polares, von Nordwesten andringendes Wasser untergetaucht, um im Westen der Amsterdaminsel wieder an die Oberfläche zu kommen, allerdings durch den Prozeß etwas verdünnt und kälter. Diesem Vordringen des Polarstromes nach Südosten entspricht ein energisches Vordringen des Golfstromarmes nach Westen in etwa 78° nördl. Br. Wir sehen hier die Erscheinungen des Kampfes zwischen Golf- und Polarstrom; ersterer dringt von Süden nach Norden, wird stetig eingeengt und an seinen Grenzen vermischt durch das andrängende Polarwasser, bis

[1]) Kungl. Sv. Vet. Akademiens Handlingar **41**. Nr. I. 1906.
[2]) Annalen d. Hydrographie 1907. p. 371, woraus oben der Text.]

er schließlich zum Teile untertaucht, zum Teile nach Westen seine Wassermassen, wenn auch etwas vermischt, vorschiebt, indessen der untertauchte Teil von polarem Wasser überflutet wird. Der nach Westen vorgeschobene Arm wird bei seinem Vordringen hakenförmig nach Süden gekrümmt, ein Beweis für die stärkere Intensität der Polarströmung bei Annäherung an die grönländische Küste. Daß diese Verhältnisse, im Sommer wenigstens, eine gewisse Permanenz besitzen, beweisen die frühern Beobachtungen von Tornöe und Arrhenius.

Im übrigen zeigt die Karte Hambergs den an der Ostküste Spitzbergens nach Süden setzenden Polarstrom, der bei Hopeneiland in zwei Arme getrennt wird, sowie die in die Barentssee vordringende Murmannströmung, deren Teilung in vier Arme allerdings nicht beobachtet wurde.

Etwa 20 Serienbeobachtungen, welche in gut getroffener Auswahl meist die Küsten Spitzbergens umgeben, geben ein Bild von den Strömungsverhältnissen der tiefern Schichten des Wassers. Die zwischen Nordkap und Bäreninsel gelegten Stationen zeigen, daß die Murmannströmung in ihrer ganzen Tiefe (400 *m*) von atlantischem Wasser eingenommen wird. Die Expedition kreuzte zweimal — im Juni und September — diesen Meeresteil, so daß vergleichende Beobachtungen erzielt werden konnten. Aus diesen ergab sich eine gesteigerte Intensität der gesamten Strömung im September, indem fast überall eine Zunahme der Temperatur und des Salzgehaltes eingetreten war; bemerkenswert ist besonders, daß auch die 300 bis 400 *m*-Schicht deutlich diese Zunahme ausdrückt. Diese periodisch gesteigerte Intensität des Golfstromes im Herbste ist für das südlicher liegende Gebiet (Faröer—Island) schon durch die dänischen Beobachtungen nachgewiesen;[1]) für die Murmannströmung ist sie auch von Knipowitsch diskutiert worden.[2])

Die Strömungen an der Ostküste Spitzbergens zeigen in ihrer gesamten Masse Wasser polaren Ursprunges; südlich von Spitzbergen ist dieses nur auf den Küstenbänken vorhanden, während die Tiefen nördlich der Murmannströmung deutlich Mischwasser aufweisen. Der um das Südkap Spitzbergens setzende Polarstromzweig liegt hier neben dem nach Norden setzenden Golfstromarme; bei einer am Rande des Küstenschelfs liegenden Station wurde bis 20 *m* Tiefe polares Wasser, in 50 *m* Mischwasser und darunter reines Golfstromwasser angetroffen. Die in dem westspitzbergischen Golfstromarme liegenden Stationen ergeben bis zur Tiefe von 600 bis 700 *m* warmes, atlantisches Wasser, darunter Wasser mit negativen Temperaturen, aber nur wenig verringertem Salzgehalte.

[1]) Knudsen, Contribution to the Hydrogr. of the North Atl. Ocean in „Med. Kom. for Havundersog". 1. Kopenhagen 1905.

[2]) Knipowitsch, Hydrolog. Untersuchungen im Europ. Eismeere. „Ann. der Hydrographie usw." 1905. p. 193 ff.

Wie oben erwähnt, wird dieser Arm zeitweilig unterdrückt von polarem Wasser, taucht aber an der Nordwestecke Spitzbergens wieder an die Oberfläche und erweist sich auch in seiner ganzen Masse als warmer, atlantischer Stromzweig mit einer Temperatur von 5.2° und Salzgehalt von 35.17‰ in 45 *m* Tiefe. Die weitere Fortsetzung dieses Stromzweiges wurde noch in 81° 14′ nördl. Br. zwischen Treibeisfeldern gefunden; an der Oberfläche 0.1° und 32.55‰ Salzgehalt, in 50 *m* Tiefe 3.1° und 34.81‰.

Inseln.

Eine Schlamminsel hat sich in der Bai von Bengalen vor der Küste von Arakan, nordwestlich von der Chedubainsel gebildet. Ihre größte Ausdehnung — Südsüdwest-Nordnordost — beträgt 280 *m*, die größte Breite — Nordwest-Südost — 198 *m*, und der höchste Punkt liegt 5.8 *m* über dem Flutstande. Sie besteht ganz aus Schlamm mit einigen Gesteinen verschiedener Art, Lava ist nicht vorhanden. Entstanden ist sie am 15. Dezember 1906. Damals waren Arbeiter der Verwaltung von Burma auf der 7 *km* entfernten Beaconinsel beschäftigt. Sie hörten lautes Getöse und ein sausendes Geräusch und sahen, daß das Meer gegen Nordwesten sehr aufgeregt war; schließlich sahen sie eine Landmasse über dem Wasser erscheinen. Diese verschwand nach ihrer Angabe zweimal und erschien wieder; doch war das offenbar eine optische Täuschung, veranlaßt durch die Flutwelle infolge der großen Wasserverschiebung. Jene Flutwelle stieg mehrere Fuß über die normale Fläche und dürfte fast über die ganze Insel gegangen sein. Am 20. Dezember besuchte der Hafenoffizier von Akyab die Insel und fand sie noch sehr weich und heiß, doch nicht mehr tätig. Am 30. Dezember erhielt das Kriegsschiff „Investigator" der indischen Marine Survey den Auftrag, die Neubildung zu untersuchen, ihre Lage zu ermitteln und festzustellen, ob die Verhältnisse des Meeresbodens eine Störung erlitten hätten. Am folgenden Tage landeten einige Offiziere des „Investigator", deren einer, der Leutnant E. J. Headlam, das Ergebnis im April des „Geograph. Journ." mitgeteilt hat. Danach zeigte die Insel, der man sich von Osten her näherte, ein langes niedriges Profil von graubrauner Farbe mit einer kleinen Erhöhung am südlichen Ende. Rauch oder ein anderes Zeichen der Tätigkeit wurde nicht beobachtet. Bodenstörungen am Meeresgrunde fanden sich nicht, erst bei einer Entfernung von einer halben Seemeile wurde das Wasser allmählich flacher. Beim Landen fand man die Kruste ganz hart und kalt, nur ganz nahe dem Ufer war der Schlamm stellenweise noch so weich, daß die Besucher bis über die Knie einsanken. Die ganze Insel war, abgesehen von einer kleinen Menge von Steinen und Sand, aus graubraunem, lehmartigem Schlamme gebildet und hatte eine sehr rauhe

Oberfläche, veranlaßt durch die Schnelligkeit, mit der der kochende Schlamm mit dem Gelangen an die Luft und dem Aufhören der Eruption erkaltet war. Eine kettenartige Bildung mit kleinen Ausläufern nach jeder Seite durchzieht die Insel in nordöstlicher Richtung. Am Nordende war noch Tätigkeit zu bemerken: einige kleine Krater von 0.3 bis 1 *m* Durchmesser schieden kleine Mengen Schlammes mit geringer Heftigkeit aus, so daß der Gesamtausfluß während eines Tages nicht 2 *t* überschritten haben dürfte. Sonst war die Insel kalt, sie zeigte an der Oberfläche die Lufttemperatur (30°). Unter der Oberfläche fand sich die größte Wärme auf der erwähnten höchsten Stelle, wahrscheinlich dem ehemaligen Hauptkrater. Das Ergebnis verschiedener Messungen ergab 0.6 *m* unter der Oberfläche eine Mitteltemperatur von 35.5°, in 0.1 *m* Tiefe von 40°, während auf der Spitze, 0.3 *m* unter der Oberfläche 40°, 6.6 *m* unter der Oberfläche 42.2, in 0.9 *m* Tiefe 58.9° und in 1.05 *m* Tiefe 64.4° beobachtet wurden. Die ganze Insel gab einen starken Schwefelgeruch von sich, der an den für die Temperaturmessungen gegebenen Löchern fast erstickend war. In den 14 Tagen, die seit der Geburt der Insel verflossen waren, hatte sich bereits eine Menge Treibholz am Ufer angesammelt. Interessant war ferner, daß schon 15 Arten von Pflanzensamen angeschwemmt, angeweht oder von Vögeln eingeschleppt worden waren. Vögel hatten nämlich auch bereits begonnen, die Insel als Ruheplatz sich zunutze zu machen. Darauf deuteten Fischgräten und -reste und ein großer Fischadler hin, der während des Besuches über der Insel kreiste. Unter den Gesteinen fanden sich u. a. kleine Stücke von Granit und Sandstein. Ob die neue Insel bestehen bleibt, läßt sich noch nicht sagen. Man darf nicht vergessen, daß sie fast ganz aus Schlamm besteht, kaum 6 *m* über das Meer hinausragt und der ganzen Gewalt des Südwestmonsuns ausgesetzt ist. Headlam glaubt, sie wird hinweggewaschen und nur als Untiefe übrig bleiben, wenn nicht inzwischen, wo schönes Wetter geherrscht hat, genug Treibholz, Sand und Geröll einen festen Strand geschaffen und Gras und Strauchwerk in Verbindung mit dem sich erhärtenden Lehme des Innern das Ganze so gefestigt haben, daß die Gewalt der Wellen und die Monsunregen der Insel nichts mehr anhaben können. Ein Blick auf jenen Küstenteil von Burma scheint zu lehren, daß die Insel zu der Kette der Schlammvulkane gehört, die an der Ostseite der Chedubainsel und auf den Inseln unmittelbar südwärts — von denen einige mehrere hundert Fuß hoch und gelegentlich tätig sind — auftreten; fährt man anderseits diese Kette etwa 80 *km* weiter nordwärts, so kommt man zu einem zweiten Schlammvulkane, der am Nordende des östlichen Teiles von Borongo liegt und noch tätig ist, obwohl er über die Meeresoberfläche nicht emporragt.

Die Comoren. Auf Grund seiner eigenen Erkundigungen an Ort und Stelle schilderte Prof. Dr. A. Voeltzkow in der Sencken-

bergischen naturf. Gesellsch. zu Frankfurt die nordwestlich von Madagaskar gelegene Gruppe der Comoreninseln, die unter französischem Protektorat stehen. Die bedeutendste Insel, Groß-Comoro, umfaßt etwa 1000 *qkm* und ist wie die übrigen Inseln vulkanischen Ursprunges. Der heute noch tätige Vulkan, der Karthala, erhebt sich bis zu 2500 *m* Höhe. Trotz reichlicher Niederschläge und üppiger Bewaldung der Bergabhänge ist die Insel sehr wasserarm, weil der Regen in dem vulkanischen, porösen Boden rasch verschwindet. Die Insel besitzt keinen einzigen Fluß oder Bach; nur hoch im Gebirge findet man ein paar, das ganze Jahr über nie versiegende schwache Quellen. Die Küstenbewohner benutzen das brackige Wasser, das sich während der Flut in brunnenartigen Vertiefungen der Lavafelsen ansammelt, und behelfen sich für Trinkzwecke mit der Milch der unreifen Kokosnüsse. Im Innern der Insel hat man, um Trinkwasser zu gewinnen, ganz eigenartige Zisternen erfunden, indem man die Affenbrotbäume bis auf die Rindenpartie aushöhlt und das Regenwasser durch künstliche Rinnen am Stamme dorthin leitet. Natürlich sammeln sich in diesem Wasser auch viele Tiere, besonders Moskitolarven.

Auf der Nordhälfte der Insel, deren vulkanische Tätigkeit erloschen ist, befindet sich ein Kratersee mit salzigem Wasser, das als Heilmittel dient. Die Ostküste ist ohne Hafen und besteht aus schroffen, schwarzen Lavawänden. Auf der Westküste liegt der Haupthafen M'Roni, den Voeltzkow als Standquartier für seine wissenschaftliche Durchforschung der Insel wählte. Die Städte auf Groß-Comoro bieten im allgemeinen dasselbe Bild. Niedrige, aus Lavablöcken erbaute, einstöckige Häuser schließen sich zu schmalen Straßen zusammen und werden von einer hohen, mit Warttürmen verstärkten Mauer umgeben. Daran schließen sich nach außen oft noch dorfartige Ansiedlungen, überschattet von Mangobäumen und Kokospalmen und versteckt in den Bananenhainen.

Die Bevölkerung, die eine Abart des Kisuaheli spricht, ist eine recht gemischte, läßt aber doch drei Haupttypen unterscheiden. Die erste Besiedlung geschah wohl durch die Araber, und mit ihnen kamen Schwarze von der Küste Ostafrikas. Um 1500 erschienen dann Schirazier vom Persischen Meere, die noch heute die herrschende Rasse bilden. Ihnen folgten später Madagassen und Einwanderer vom afrikanischen Festlande, die sich untereinander vermischten. Ihrem Bekenntnis nach Mohammedaner, kleiden sich die Vornehmen arabisch, das Volk dagegen wie überall in Ostafrika.

Zum Studium des hohen Vulkans, des Karthala, verlegte Prof. Voeltzkow seinen Wohnsitz für zwei Wochen an den obern Rand des die Abhänge des Kegels in einer breiten Zone umziehenden Urwaldes, in eine Höhe von 1800 *m* und besuchte von dort aus mehrfach den Vulkan selbst.

Die wirtschaftliche Ausnützung der Insel liegt in Händen einer französischen Gesellschaft. 1887 wurde sie von dem französischen

Naturforscher Humblot ins Leben gerufen und beschäftigt zurzeit 1200 farbige Arbeiter. Sie unterstützte auch die wissenschaftlichen Arbeiten des Vortragenden in bereitwilligster Weise. Kakao gedeiht vortrefflich, doch verursachten die Ratten enormen Schaden, der auf 50000 Franks jährlich geschätzt wird. Kaffee steht ebenfalls gut; dagegen wird die weniger gewinnbringende Gewürznelke gegenwärtig durch Vanille ersetzt. Leider ist das Insekt, das die Befruchtung der Vanilleblüten in der Heimat bewirkt, hier nicht lebensfähig. Es muß daher die Befruchtung künstlich durch Arbeiter vorgenommen werden. Natürlich ist dieses Verfahren nicht ganz zuverlässig, so daß nur etwa 60% der Blüten zur Schotenbildung kommen und etwa 800 befruchtete Blüten erst 1 *kg* präparierter Vanille ergeben. Trotzdem wurden 1902 schon etwa 4000 *kg* Vanille geerntet.

Auf dem vulkanischen Boden gedeihen selbst in 1800 *m* Meereshöhe alle Gemüse noch vortrefflich, besonders Kartoffeln. Im Norden der Insel werden auf Weideflächen Rinder gezüchtet.

Quellen und Höhlen.

Das Geisergebiet auf Island ist von Prof. Herrmann besucht und beschrieben worden.[1]) „Es besteht," schildert er, „aus einer Reihe von Thermen, etwa 100 an der Zahl, am südöstlichen Abhange des kahlen Laugafjall; es ist etwa $^1/_2$ *km* lang und $^1/_4$ *km* breit. Aber nur zwei von den heißen Quellen, der „Große Geiser" und der Litli Geiser = „Kleine Geiser" (auch Otherrishóla „Regenwetterloch" genannt, weil sein Springen nasses Wetter anzeigen soll) sind das, was man unter einem Geiser versteht. Geiser ist der „Hervorstürzende, stark Sprudelnde", und der Stamm ist auch im Deutschen bekannt; die uralte Donarseiche in Hessen, die Bonifazius fällte, stand an einem heiligen Opferquelle, Geismar (gisan und mari, also: Sprudelquell). Nach dem Geiser auf Island sind auch die periodisch emporspringenden heißen Quellen in andern Ländern benannt, z. B. beim Yellowstone River (Nationalpark) in Nordamerika und auf Neuseeland. Zwischen dem großen und kleinen Geiser liegen in der Richtung von Nord nach Süd die Quellen: Stjarna im östlichen Abflusse der Blesiquelle, Blesi selbst und Fata, westlich davon der Konungshver, und noch weiter westlich Astarauga (Auge der Liebe); südöstlich von Fata Strokkur und 120 Schritte davon entfernt Otherrishóla; abermals südlich hinter mehrern Schlammquellen der kleine Strokkur, dann eine Sammlung von verschiedenen Becken mit kochendem, siedendem oder wallendem Wasser, Thykkuhverir, darunter die südlichste Quelle Sí-sjóthandi (immer kochend) und die östlichste Gunnhildarhver.

[1]) Island in Vergangenheit und Gegenwart **2**. Leipzig, 1907.

Die heißen Quellen sind in fortwährender Veränderung begriffen; an der einen Stelle hört eine auf, an einer ganz andern kommt plötzlich eine neue zum Vorscheine. Der Konungshver z. B. (Königsspringquell), der 2 bis 3 Fuß hoch springt, entstand in einem alten erloschenen Krater neben dem Denksteine, den man zur Erinnerung an den Besuch König Christian IX. errichtet hat. Der große Geiser hat jetzt sehr unregelmäßig Eruptionen. Während er früher alle 4 bis 5 Tage sprang, vergehen jetzt oft 20 Tage zwischen zwei Eruptionen. Blesi besteht aus zwei großen Becken, die dicht aneinander stoßen, ihre Temperatur betrug 92°; das Wasser wird zum Kochen des Kaffees und der Suppe benutzt. Sie hat ihren Namen „Blesse", womit wir den weißen Streifen auf der Stirne eines Pferdes bezeichnen, wohl von der Sinterbrücke, die die beiden brillenförmigen Becken verbindet. Ihr Wasser ist wunderbar durchsichtig, feenhaft blaugrün und reicht in den rotgelben Becken bis zum Rande, nur ein leichtes, zartes Kräuseln belebt die Oberfläche. Vor dem Erdbeben 1789 hatte der Blesi Ausbrüche, bei denen das Wasser 30 bis 40 Fuß hoch in die Luft geworfen wurde. Fata (Eimer) ist eine kleine Quelle, zuweilen fällt das Wasser so tief, daß man es nicht mehr sehen kann. Der Strokkur (Butterfaß, nach der butterfaßähnlichen Gestalt der Quellenöffnung benannt) ist bei einem Erdbeben 1784 entstanden und war früher so artig, auf Kommando zu springen: man warf ihm eine gehörige Menge Rasenstücke in den Rachen, und sofort hob sich eine gerade oder kegelförmige Wassersäule etwa 40 *m* hoch in die Luft. Seit dem Erdbeben aber vom Jahre 1896 hat der Strokkur seine Tätigkeit völlig eingestellt. Sein Wasser ist nur lauwarm, schwarz und schmutzig und wallt nur wenig. Der Litli-Geiser aber (Otherrishóla) ist ein liebenswürdigerer Geselle; füttert man ihn mit Rasen, so steigt er unfehlbar nach einigen Minuten 2 bis 3 *m* in die Höhe und springt wohl eine Stunde lang. Er hat nur einen kleinen, flachen Sinterkegel und zwei kleine, ovale, tiefe Höhlen, die von rotem Tone umgeben sind. Ich habe ihn um so dankbarer in meiner Erinnerung, als er im ganzen viermal gesprungen ist, und zwar freiwillig, nicht bloß der Not gehorchend, indem wir seinen Quellschacht verstopften; der große Geiser aber trotzte beharrlich."

Die Entstehung heißer Mineralquellen. Nach Gautier wird das Wasser der heißen Quellen als solches von Eruptivgesteinen aus großen Tiefen durch eine Art Destillation hervorgebracht. Die Bildung heißer Quellen ist nichts als ein Ausdruck einer vulkanischen Tätigkeit in der Periode der Abnahme. Die vulkanischen Erscheinungen entstehen durch Herabsinken großer Stücke Erdkruste in das flüssige Magma des Erdinnern. Gautier hat nun experimentelle Belege hierfür erbracht. Er erhitzte Pulver von Graniten, Porphyren, Trachyten, Gneisen, Gabbros usw. im Vakuum, dabei entweichen große Mengen Wasser und Gase, vornehmlich Kohlensäure und

Wasserstoff. Treibt man bei 200° alle Feuchtigkeit aus, so entweicht bei Rotglut das 3- bis 18fache Volumen an Gasen, die eine gleiche Zusammensetzung wie die von Vulkanen ausgestoßenen Gase besitzen. Es wird berechnet, daß, wenn 1 *ckm* Granit (welcher die geringste Wassermenge unter den genannten Gesteinen abgibt) tiefer in das feurigflüssige Magma einsinkt, und seine Temperatur sich von 400° auf 500° erhöht, 25 bis 30 Millionen Tonnen Wasser entbunden werden, was einem Volumen von 43 Billionen Kubikmetern Dampf entspricht; daneben würden noch 28 Billionen Kubikmeter andere Gase entstehen. Hierdurch entwickelt sich ein Druck von 7000 Atmosphären. Da Lava bei 1100 bis 1200° aus den Vulkanen fließt, so muß sie aus Tiefen von 35000 bis 40000 *m* kommen; um eine solche Säule aus der Tiefe zu heben, sind 8000 Atmosphären erforderlich, was mit jenem vorher berechneten Drucke fast übereinstimmt. Wirkt auf die entgaste Gesteinsmasse von neuem Wasserdampf bei 500°, so bilden sich neue Gase: $3\ FeS + 4\ H_2O = Fe_3O_4 + 3\ H_2S + H_2$, ferner bei Rotglut $H_2S = H_2 + S$ und so fort. Auf ähnliche Weise läßt sich die Entstehung aller vulkanischen Produkte erklären ohne Zuhilfenahme einer Sauerstoffeinwirkung. Auch Natriumchlorid spielt bei Vulkanen eine große Rolle. — Gautier weist noch auf die Übereinstimmung zwischen natürlichen Schwefelquellen und dem Schwefelwasser beim Erhitzen des Granites auf 300° hin.[1])

Den Ursprung der Gase in den Mineralquellen behandelte am 20. Juni 1907 in der Royal Society R. J. Strutt. Nach Lord Rayleigh, Dewar u. a. enthalten die Thermalquellen beträchtliche Gasmengen, die aus Stickstoff, Argon, Helium und Spuren von Neon bestehen, daneben findet sich noch Radiumemanation und im Niederschlage der Wässer Radium. Verfasser hat nach dem Ursprunge dieser Gase gesucht und ihn zuerst dem Vorhandensein von Uran auf dem von dem Wasser durchflossenen Wege zugeschrieben. Das Auftreten von Radium im gewöhnlichen Gesteine hat zu der Annahme geführt, daß die Gase durch Zersetzung und teilweise Lösung des Gesteines beim Durchfließen des heißen Wassers entstanden sind. Mit verschiedenen Gesteinsarten wurden nun Versuche angestellt, und zwar mit Granit, Syenit, Augitsyenit, Grünstein, Olivin und Rotsandstein. Das gepulverte Gestein wurde in einem eisernen Rohre erhitzt und die Gase mit einer Quecksilberluftpumpe extrahiert, mit Sauerstoff gemischt und verbrannt zwecks Oxydation des Wasserstoffes und der Kohlensäure; nach Waschen mit Ätzkali wurden dann die inerten Gase gemessen, der Stickstoff durch Funkenbehandlung entfernt, worauf eine weitere Trennung der Gase nach Dewar mit gekühlter Holzkohle erfolgte. Beim Messen der Menge an

[1]) Eng. and Min. Journ. 1906. **82**. p. 869 durch Chemiker-Zeitung 1907. Nr. 1.

Stickstoff, Argon und Helium ergab sich, daß diese recht genau den Mengenverhältnissen dieser Gase in den Mineralquellen entsprachen. Spuren von Neon wurden stets gefunden. Die Untersuchungsmethoden werden verbessert und die Versuche fortgesetzt.[1])

Schwefelsäurehaltige heiße Quellen, die ihren Thermalcharakter menschlicher Bautätigkeit verdanken. Hierüber macht Dr. Wagner (Bad Salzbrunn) folgende Mitteilungen[2]):

Im Zentrum des niederschlesischen Kohlengebietes liegt der Ort Dittersbach, welcher einen sehr bedeutenden Rangierbahnhof besitzt. Dieser befindet sich am Fuße des sogenannten Kolbeberges, eines etwa 635 *m* hohen Hügels. Die auf dessen Nordseite entspringenden Quellen durchdringen teils in Rohrleitungen, teils auf selbstgesuchten Wegen den Bahndamm und versorgen eine Anzahl der tiefergelegenen Teile mit Wasser. Früher waren in den erwähnten Teichen Krebse und Fische gehalten worden, die sich damals durchaus normal entwickelten. Vor einigen Jahren wurde nun die Bahnhofsanlage erweitert, und der Bahndamm ganz bedeutend vergrößert, indem viele Tausende von Kubikmetern Haldenmaterial, welches von den nahegelegenen Bergwerken stammte, aufgeschüttet wurde. Seit dieser Zeit erfuhr das Wasser der tiefer gelegenen Teiche allmählich eine Verschlechterung, die sich im Erkranken und schließlichen Absterben der Wasserbewohner zeigte.

Diese Verschlechterung des Wassers wurde zuerst auf Verunreinigung durch Abwässer aus einer bei Vergrößerung des Bahnhofes angelegten Kläranlage zurückgeführt, eine genaue Untersuchung zeigte aber, daß die wahre Ursache der Verunreinigung eine ganz andere war.

Schöpfproben aus den fraglichen Teichen wiesen folgende Eigenschaften auf: Das Wasser ist klar, farblos, fast geruchlos und enthält eine geringe Menge suspendierter Flocken, Ammoniak minimale Spur, Chlor 0.0230 *g* in 1 *l*, salpetrige Säure unbedeutende Menge, Salpetersäure wenig, die Oxydierbarkeit war keine hohe = 0.0283 *g* $KMnO_4$.

Demnach wäre das fragliche Wasser als ein recht gutes Teichwasser anzusprechen gewesen. Die Prüfung der Reaktion ergab aber, daß das Wasser deutlich sauer war, ferner wurde ein Schwefelsäuregehalt von 0.2724 *g* SO_3 in 1 *l* festgestellt. Daß ein so hoher Gehalt an Schwefelsäure, die, nach der Reaktion zu urteilen, zum Teile als freie Schwefelsäure vorhanden war, geeignet ist, das Wohlbefinden der Wasserbewohner stark zu beeinträchtigen, liegt auf der Hand. Um zu ergründen, auf welchem Wege die Schwefelsäure in den Teich gelangt sei, wurde eine Probe aus dem kleinen Bache, welcher die Teiche speist, untersucht. Dieselbe zeigte: das Wasser ist fast klar, farblos, fast geruchlos. Reaktion stark sauer; Ammoniak geringe Menge, salpetrige Säure reichlich, Salpetersäure mäßig viel, Schwefelsäure 0.6114 *g* SO_3 in 1 *l*.

Der kleine Bach führte offenbar die Schwefelsäure den Teichen zu. Auf der Suche nach dem Ursprunge des Baches kam Verfasser schließlich bis zu dem eingangs erwähnten Bahndamme. Hier fand sich eine ganz eigentümliche Erscheinung. Am Fuße des Dammes entspringen, etwa 1000 *m* voneinander entfernt, zwei Quellen, die eine Temperatur von etwa 50 bis 60° besitzen und einen eigentümlichen Geruch aufweisen. Die Untersuchung des Wassers ergab folgendes:

Quelle 1. Fast farblos und klar; Reaktion stark sauer, Eisen sowohl als Oxydul wie als Oxyd reichlich vorhanden. Schwefelsäure 2.6585 *g* SO_3 in 1 *l*, davon 1.2105 *g* freie Schwefelsäure (= 1.483 *g* H_2SO_4).

Quelle 2. Fast farblos und klar, Reaktion stark sauer, Eisen wie oben,

[1]) Chemiker-Zeitung 1907. Nr. 59.
[2]) Chemiker-Zeitung 1906. Nr. 96.

Schwefelsäure 2.3160 *g* in 1 *l*, davon 1.1034 *g* freie Schwefelsäure. Beide Quellen setzen im weitern Verlaufe große Mengen von Eisenocker ab.

Hier war also der Ursprung der Teichverunreinigung. Wie kam es aber, daß die Quellen heiß waren und einen so hohen Gehalt von Schwefelsäure, von dem fast die Hälfte freie Schwefelsäure war, besaßen? Eine nähere Untersuchung ließ bald die Lösung des Rätsels finden.

Wie eingangs erwähnt, waren bei Vergrößerung des Bahndammes am Rangierbahnhof Tausende, wenn nicht Millionen Kubikmeter Haldenmaterial aufgeschüttet worden. Die Halde besteht aus dem die Kohlenflötze begleitenden Gesteine. In diesem Gesteine (hier sogen. Kohlensandstein, Schieferton, Konglomerate) findet man vielfach eingesprengte dünne Blätter von Steinkohle, welche die höchst unangenehme Eigenschaft aufweisen, sich zuweilen von selbst zu entzünden. Außerdem enthält das Gestein häufig Schwefelkiese. Der Bahndamm, bzw. das Haldenmaterial ist nun in der Tat dort in Brand geraten und glimmt, von außen unsichtbar, langsam weiter. Wir haben also alles beisammen, was wir zur Schwefelsäurebildung brauchen. Schwefelkiese, welche durch das vorhandene Feuer geröstet werden, Wasser vom nahen Hügel, welches durch das gleiche Feuer in Dampf verwandelt wird, und Sauerstoff, welcher teils im Wasser gelöst zugeführt wird, teils wohl auch in Form von Luft die poröse Halde durchdringt. Das nach dem Abrösten zurückbleibende Eisenoxyd wirkt vielleicht als Kontaktsubstanz. Anderseits ist daran zu denken, daß die Schwefelkiese, die zum Teile schon jahrelang übertage lagen, bereits durch Oxydation durch den Luftsauerstoff in Ferrosulfat, bzw. basisches Ferrisulfat übergegangen sind. Daß der Prozeß nicht durchweg bis zur Schwefelsäure verläuft, sondern zum Teile bei der Bildung von Ferro- und Ferrisulfat stehen bleibt, ist ja nicht zu verwundern. Der geschilderte Vorgang hat offenbar die größte Ähnlichkeit mit der Schwefelsäurebildung, wie man sie in vulkanischen Gegenden findet. In Amerika hat man in der Nähe von Vulkanen Quellen, z. B. den Rio vinagre, gefunden, welche bis 0.1% Schwefelsäure enthalten. Denken wir uns in solchem Falle, daß das schwefelsäurehaltige Wasser bei Einsickern in die Erde auf eine Schicht von kohlensaurem Kalke trifft, der ja zuweilen ganze Gebirge bildet, so wird Kohlensäure frei werden. Dieselbe kann nun entweder als Gas wieder an die Erdoberfläche gelangen (Mofetten), oder sie kann von unterirdischen Wasseradern aufgenommen werden. In letzterm Falle wird sie Salze aus dem umgebenden Gesteine aufnehmen — das Lösungsvermögen des kohlensäuregesättigten Wassers zumal unter Druck ist ja selbst sehr festen Mineralien gegenüber ein sehr großes (z. B. wird der feste Gneis durch CO_2-haltiges Mineralwasser allmählich in Kaolin verwandelt) — und als Mineralquelle zutage treten. In ähnlicher Weise suchen neuere Theorien die Bildung unserer Mineralquellen zu erklären.

Die Radioaktivität der Mineralquellen ist von C. Engler und H. Sieveking untersucht worden.[1]) J. J. Thomson und seine Schüler, insbesondere H. J. Allen, haben gezeigt, daß fast alle aus größerer Erdtiefe stammenden Wasser, beispielsweise die Wasserleitung von Cambridge, die Quellen von Bath, radioaktive Emanation führen. Andere Beobachter fanden dies bestätigt, und mit einem Schlage schien die lange bekannte, aber nie vollständig aufgeklärte Heilkraft der Quellen in ein neues Licht gerückt. In rascher Folge erschienen Berichte über den Emanationsgehalt fast aller bekannten Quellen.

Die Untersuchungsmethoden und einige Resultate seien hier kurz wiedergegeben. Die im Wasser enthaltene Emanation wird

[1]) Chemiker-Zeitung 1907. Nr. 66.

entweder durch Auskochen herausgetrieben oder durch Hindurchperlen von Luft, die in einer geschlossenen Leitung durch das Wasser, eine Trockenvorrichtung und die Untersuchungsglocke in der Elster und Geitelschen Form geht. Oder endlich man entfernt die Emanation aus dem Wasser durch Schütteln mit Luft in einer geräumigen geschlossenen Kanne. Hierbei hat man den Vorzug, daß die Luft gleich in dem zur Untersuchung bestimmten Raume sich mit der Emanation vereint.

Zu diesem Zwecke haben die beiden Forscher einen Apparat konstruiert, den sie als Fontaktoskop bezeichnen. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß man in einem geschlossenen Behälter aus Metall eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Wassers mit Luft kräftig durchschüttelt, so daß die Emanation zum Teile aus dem Wasser in die Luft übergeht, und sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser, Luft und Emanation herstellt, worauf man durch Einsenken des Zerstreuungskörpers eines Elektroskops und Laden des letztern die Leitfähigkeit der Luft ermittelt. Letztere muß um so leitender sein, je mehr Emanation sie aufgenommen hat, d. h. je radioaktiver das Wasser ist.

Engler und Sieveking geben am Schlusse ihrer Abhandlung einen Überblick über die Radioaktivität der bekanntesten Quellen. „Die Aktivität ist ausgedrückt in Macheeinheiten. Die Angabe 149 für die Gasteiner Grabenbäckerquelle bedeutet, daß die Emanation, die in 1 *l* der Quelle gleich nach der Entnahme enthalten ist, einen Stromdurchgang von 149 Tausendstel elektrostatischen Einheiten — Sättigungsspannung vorausgesetzt — bewirkt. Letztere Einschränkung bezieht sich darauf, daß erst bei Anlegung einer bestimmten, nach Versuchsbedingungen variablen Minimalspannung, die „Sättigungsspannung" genannt wird, die Stromstärke konstant und von der Spannung abhängig wird. In der üblichen praktischen Einheit der Stromstärke gemessen, d. h. in Ampère, besitzt dieser Strom eine Stärke von 50 Billionstel Ampère (Billiampère).

Ort	Name der Quelle	Temperatur ° C.	Aktivität in Macheeinheiten	Beobachter
Bad Gastein. .	Grabenbäckerquelle . .	36.3	149	Engler u. Sieveking
„ „ . .	„	36.3	155	Mache
„ „ . .	Elisabethstollen, Hauptquelle	46.8	122.4	Engler u. Sieveking
„ „ . .	Elisabethstollen, Hauptquelle	46.8	133	Mache
„ „ . .	Chorinskyquelle . . .	41.9	122	Engler u. Sieveking
„ „ . .	Franz-Joseph-Stollen .	39.0	54.6	„ „
„ „ . .	Chirurgenquelle. . . .	47.1	39.6	„ „
Baden-Baden .	Büttquelle	23.5	126	„ „
„ „ .	Murquelle	59	24	„ „

Ort	Name der Quelle	Temperatur ° C.	Aktivität in Macheinheiten	Beobachter
Baden-Baden	Freibadquelle	60.5	9.9	Engler u. Sieveking
„ „	Friedrichsquellen	67.8	6.7	„ „
„ „	Klosterquelle	62.2	5.8	„ „
Badenweiler	Hauptbadquelle	27.5	7.0	„ „
„	Siegelsche Quelle	22.5	10.1	„ „
Karlsbad	Eisenquelle	8.4	47	„ „
„	„	8.4	38.4	Mache
„	Felsenquelle	54.8	5.3	Engler u. Sieveking
„	Sprudel	72.5	0.4	„ „
Wildbad*	Bohrlöcher i. Badehause	35.8—37.9	1.6—3.2	„ „
„	—	—	1.85	K. R. Koch
Marienbad	Bärenquelle	4.8	2.27	Mache
„	Nebenquelle	6.4	6.78	„
Teplitz	Steinbadquelle	32.5	6.56	„
„	Augenquelle	21.9	3.13	„
Franzensbad	Neuquelle	22.2	0.96	„
Wiesbaden	Kochbrunnen	68	1.23	Henrich
„	Dr. Kurzs Quelle	42	11.95	„
Bad Nauheim	Karlsbrunnen	15	28.6	Schmidt und Kurz
„ „	Sprudel XIV.	31.4	1.5	„ „
Soden i. Taunus	Champagnerbrunnen	11.3	21.9	„ „
Homburg v. d. H.	Elisabethbrunnen	10.6	8.0	„ „
Bad Kreuznach	Inselquelle	12.6	20.4	„ „
„ „	Hauptbrunnen	23	13.7	„ „
Bad Griesbach	Badquelle	kalt	26	Engler u. Sieveking
„ „	Antoniusquelle	„	19.4	„ „
„ „	Undinenquelle	„	13	„ „
Bad Petersthal	Sophienquelle	„	4.3	Frommel
Dorf Petersthal	Karl Boschert	„	7.8	„
Bad Freyersbach	Gasquelle	„	7.4	„
„ „	Salquelle	„	5.4	„
Bad Antogast	Antoniusquelle	„	16	„
Bad Rippoldsau	Wenzelsquelle	„	2.1	Engler u. Sieveking
Abano b. Padua (Italien)	Sorgente Montirone centrale	87	5	Engler
Battaglia b. Padua	Surgone Grotta	74	5.7	„
Fiuggi bei Rom	Badquelle	kalt	19.8	„
Castellamare	Acidola	13.3	22.6	„
„	Rossa	13.8	5.8	„
Bagnoli b. Neapel	Manganello	—	2.6	„
Agnano b. Neapel	Purgativo	90	1.9	„
Pozzuoli	Aqua media	kalt	1.8	„
Insel Ischia	Porto d'Ischia (Stabil. communale)	65	4.7	„
Cassamicciola	Manzi II	72	2.2	„
„	Therme Piesco von Lucibello III.	—	1.8	„
Lacco Ameno	Altrömische Quelle	57	372.0	„

* Im März nach anhaltendem heftigen Regen.

Die Radioaktivität der Quellwasser ist nicht völlig konstant, doch sind die Schwankungen relativ nur gering; sie betragen beispielsweise bei dem stark aktiven Wasser der Büttquelle von Baden-Baden, seitdem diese besser gefaßt und eine Beimischung von Niederschlagwasser möglichst ausgeschlossen ist, höchstens $\pm$ 10 Macheeinheiten.

Die nähere Untersuchung der Quellsedimente von Baden-Baden, welche Elster und Geitel als stark aktiv erkannt hatten, von denen sie aber eine zu geringe Menge zur Verfügung hatten, um eine endgültige Bestimmung der radioaktiven Komponenten zu machen, wurde mit einer größern Menge durchgeführt.

Elster und Geitel hatten nach der von ihnen ausgearbeiteten Methode den Schlamm auf seine Abklingung geprüft, aber keine Kurve gefunden, die mit einer der bekannten radioaktiven Elemente übereinstimmte. Es lag also ein neues, bis dahin unbekanntes radioaktives Element vor, oder (und dieser Ansicht neigten die beiden Forscher zu) man hatte mit der Anwesenheit mehrerer zu rechnen, deren Kurven sich übereinander gelagert hatten. Die Prüfung des Ursprungsschlammes durch Engler und Sieveking führte zu einem ganz ähnlichen Verlaufe der Kurve. Klarheit konnte hier also nur eine chemische Zerlegung schaffen, die von Elster und Geitel unternommen wurde. Aus 200 *g* Schlamm der Ursprungsquelle konnte ein Baryumsulfatniederschlag isoliert werden, aus dem sich nach Wiederauflösung einerseits mit Ammoniak ein Niederschlag gewinnen ließ, welcher Thoremanation ergab, während im ebenfalls aktiven Filtrat Radium vermutet wurde, ohne daß es jedoch gelang, dasselbe durch die Abklingungskurve zu identifizieren.

Von großer Wichtigkeit war die Gewinnung eines Präparates, das Thoremanation abgab, dabei aber viel stärker aktiv war als bis dahin bekanntes Thor. Es lag der Gedanke nahe, daß die aktiven Eigenschaften des gewöhnlichen Thors durch eine geringe Beimengung von einer an sich viel stärker aktiven Substanz verursacht seien. Dann hätte es aber auch möglich sein müssen, diese Substanz in konzentrierterer Form zu gewinnen, was aber bisher nicht gelungen war. Man sieht leicht, von welcher Bedeutung für diese Frage die Resultate der Forschungen von Elster und Geitel waren. Diese selbst waren in der Bewertung ihrer Ergebnisse sehr vorsichtig. Das stärkste ihrer Thorpräparate hatten sie aus einer Lösung erhalten, die vermutlich auch Radium enthielt. Sie erachteten es deshalb nicht für ganz ausgeschlossen, daß Radium oder eine andere stark aktive Substanz (Emanium, Aktinium) für die abnorme Aktivität ihrer Thoremanation gebenden Präparate verantwortlich zu machen sei, und sie glaubten deshalb, die Frage mit den geringen Mengen Material, die ihnen zur Verfügung standen, nicht entscheiden zu können.

Die Verarbeitung größerer Mengen von Thermalschlamm aus der Ursprungsquelle durch Engler und Sieveking ergab den Beweis

der Anwesenheit von Radium und des aktiven Begleiters des Thoriums. Während der Dauer dieser Untersuchungen hatte O. Hahn in Sir W. Ramsays Laboratorium aus Ceylonthorianit einen aktiven Körper isoliert, dem er den Namen Radiothor beilegte, weil er wahrscheinlich den radioaktiven Bestandteil des Thoriums darstellte. Die Untersuchungen der genannten deutschen Forscher lassen jedoch keinen Zweifel mehr daran, daß im Thermalschlamme der Badener Quellen ebenfalls Radiothor enthalten ist, und daß somit den Herren Elster und Geitel der Ruhm gebührt, die Existenz dieses neuen Elementes, welches die Thorkurve zeigte, indessen kein Thor sein konnte, im Sedimente der Ursprungsquelle als möglich oder wahrscheinlich zuerst beobachtet zu haben. Der endgültige Nachweis des Vorhandenseins von Radiothor und ebenso die Isolierung des Radiums und dessen Identifizierung durch die Abklingungskurve im Badener Thermalschlamme ist durch die vorstehend genauer beschriebenen, schon im Juni 1905 von Engler und Sieveking in der Hauptsache mitgeteilten Versuche erbracht worden. Neuerdings haben Elster und Geitel das Radiothor auch im Schlamme der Badequelle Kreuznach mit Sicherheit nachgewiesen.

Engler und Sieveking erwähnen noch den relativ hohen Gehalt verschiedener Schlamme an Baryumsulfat, dessen Anwesenheit mit dem Radium höchstwahrscheinlich in naher Beziehung steht. Gerade das an Baryumsulfat reichste Sediment (Freibadquelle Baden) erwies sich als dasjenige, aus dem sich ein selbstleuchtendes Radiumpräparat von großer Strahlungsintensität herstellen ließ.

„Die Quellsedimente," bemerken die beiden Forscher schließlich, „erfreuen sich schon seit Jahrhunderten des Rufes, heilsame Kräfte auszuüben, gerade wie die Thermen und Quellen selbst. Schon Allen hat nach der Feststellung der Radioaktivität der Quellen von Bath auf den mutmaßlichen Zusammenhang von Aktivität und Heilkraft hingewiesen, eine Erklärung, die zwei bisher unaufgeklärte Punkte zwanglos aufhellte: die Vergeblichkeit der künstlichen Darstellung, die stets minderwertigen Ersatz ergab, und die Abnahme der Heilwirkung fern von der Quelle nach dem Versande des Wassers. Ist doch schon nach vier Tagen mehr als die Hälfte der Emanation verschwunden und nach weitern acht Tagen nur noch etwa $^1/_{20}$ davon vorhanden.

Was Liebig vom Gasteiner Wasser, in welchem er chemisch wirksame Stoffe nicht auffinden konnte, gesagt hatte, als er dort Heilung gefunden: „Chemische Ursachen kann das nicht haben, nur physikalische; es müssen magnetisch-elektrische Verhältnisse obwalten, welche so heilsam einwirken," das findet nunmehr seine Bestätigung. Und was Instinkt und Tradition erkennen gelehrt haben, die Heilkraft zahlreicher Badeorte wird durch die physikalische Analyse in ein neues und vielverheißendes Licht gerückt."

Höhlenforschungen in Kalifornien. Über eine von ihm vorgenommene Untersuchung der Hawverhöhle in dem Eldorado County, 5 *km* östlich von Auburn, berichtete Furlong in „Science". Sie liegt mit andern in der Calaverasformation der dortigen Gegend, 400 *m* über dem Meere und 200 *m* über dem American River. In sie führt zunächst ein senkrechter Spalt, dann geht sie etwa 12 *m* in südlicher Richtung. Am Ende leiten zwei enge Öffnungen zu einer $3^1/_2$ *m* tiefen Grotte und aus ihr ein rundes Loch 6 *m* abwärts in den Hauptteil. In diesen muß man sich mit einem Seile hinunterlassen. Unten liegt ein kleiner See, und etwa 30 *cm* über dessen Fläche führt ein Tunnel von etwa $2^1/_2$ *m* Länge zu einem zweiten Teiche. Dort benutzt man eine Luftmatratze und rudert mit ihr 10 *m* weit nach einer schlammbedeckten Bank. Von der Südecke des Gewässers leitet eine Reihe enger, gewundener Gänge von etwa 15 *m* Gesamtlänge in Grotten von verschiedener, zum Teile beträchtlicher Ausdehnung. Sie scheinen durch Wasser bewirkte Erweiterungen einer Spalte zu sein. In dieser Höhle sind fossile Überreste im Verhältnisse zu dem kleinen Raume, über den sie verbreitet sind, in großer Menge vorhanden. Sie sind in dem den Wänden entlang gehenden und die kleinen Öffnungen füllenden Trümmergesteine eingebettet. Hoch oben an der Decke haben Steinblöcke sich festgesetzt und den Spalt versperrt, und zwischen den Blöcken sind Gliederknochen und andere Skelette verschiedener Tiere, die jetzt durch einen Stalagmitenüberzug versteinert sind, hineingefallen. Die Knochen sind völlig gut erhalten. In einigen Fällen hat Einsickerung stattgefunden. Die Reste sind allem Anscheine nach dadurch in dem Spalte angehäuft worden, daß sie von der Oberfläche hineinfielen oder, vielleicht zum Teile durch die Tätigkeit von Rinnsalen, hineingewaschen wurden. Wie man aus der Untersuchung einiger der nördlichern amerikanischen Höhlen weiß, wählten die Tiere vermutlich Höhlungen oder breite Spalten in den Felsen als Zufluchtsorte oder zum Verzehren der Beute. Auf diese Weise wurden zahlreiche Knochen angehäuft, die schließlich in die Spalten des Kalksteines hineingerieten. Nur wenige Knochen sind bisher geborgen worden, doch genügen sie zur Bestimmung des Alters der Ablagerung und versprechen eine reiche Fauna. Die bemerkenswertesten Reste sind einige ausgezeichnet erhaltene Megalonyxknochen; es sind Wirbel, Schenkelknochen und ein Zahn; ferner die Reste eines Kuguars (Felis hippolestes?) und eines Pferdes (wahrscheinlich Equus occidentalis). Vorhanden sind viele Nagetierreste, besonders solche von Aplodontia. Soweit die Fauna bekannt, weicht sie von der der Shastahöhlen durch das Fehlen der eigentümlichen Ziegen, Euceratherium und Preptoceras, und des Rotwildes ab. Die in den nördlichen Höhlen so zahlreichen gespaltenen Knochen sind in der Hawverhöhle ziemlich selten. Weitere Untersuchungen der Höhle werden folgen.[1])

[1]) Globus 1907. p. 83.

Flüsse.

Der Rhein in seinem Mittel- und Unterlaufe seit der Diluvialzeit. Auf Grund seiner Untersuchungen gab B. Stürtz hiervon eine eingehende Darlegung.[1])

Der Rhein lagerte seit der ältern Diluvialzeit auf dem ganzen hier in Betracht kommenden Gebiete bis zu den Niederlanden Geschiebe ab, die entweder aus festem Gesteine, aus Mineralien oder aus erdigen und sandigen zerriebenen Mineralstoffen bestehen. Die aus festem Gesteine bestehenden Geschiebe heißen Geröll oder Schotter. Sie wurden meist in Gemeinschaft mit Sand abgelagert, und diese Ablagerungen bezeichnet man als Kies. Die erdigen Stoffe sind: Löß, Lehm, Mergel, Ton und Schlick. Der Rheinsand ist in der Hauptsache das Endergebnis der Zerreibung und Zersetzung von Sandsteinen und von quarzhaltigen, meist kristallinischen Gesteinen. Stürtz beschreibt eingehend, zum großen Teile auf Grund eigener Forschungen, die mineralogische Zusammensetzung der diluvialen Rheinablagerungen und verbreitet sich dann über die diluviale Fauna auf Grund der gefundenen Tierreste und zum Teil in Anlehnung an E. Kayser. In der Jugendzeit des Rheines war der Mensch schon vorhanden, denn nicht nur haben sich zahlreiche menschliche Spuren in Gestalt von Steinwerkzeugen gefunden, sondern in einer Kalksteinhöhle zwischen Düsseldorf und Elberfeld auch Menschenknochen, die wahrscheinlich aus einem Zeitabschnitte stammen, als der Rhein seinen Weg über die Gegend von Erkerath nahm.

Von größter Wichtigkeit für die Beurteilung der Zustände des Urrheins in der Diluvialzeit sind die Ablagerungen seiner Geschiebe auf den Höhen, und Stürtz behandelt sie demgemäß in großer Ausführlichkeit auf Grund fremder und eigener Beobachtungen. Typischer Rheinkies, vermischt mit solchem der Nahe, ist bei Bingen auf einer Höhe bis zu 248 *m* ermittelt worden, bei St. Goar selbst in 264 *m* Höhe, so daß also einst der Rhein bei Bingerbrück noch höher gestanden haben muß. Auf Grund der Fundorte für typischen Rheinkies zu beiden Seiten des heutigen Rheines von Urbar talwärts bis Nochern (bei St. Goar) schließt Stürtz, daß der diluviale Rhein von der linken Seite her seinen Weg zur rechten über die heutige Rheinspalte hinweg nahm, und diese also damals hier nicht vorhanden war. Von einer Hochterrasse an, die sich bis 264 *m* bei Urbar erhebt, vollzog der Rhein nach Ansicht von Stürtz im Laufe der Zeit durch Erosion seinen Absturz, und zwar seit dem Diluvium bis heute um etwa 200 *m* bei St. Goar. Oberhalb Salzig hatte sich der diluviale Rhein (nach v. Dechen) in zwei Arme gespalten. Der Rheinarm,

[1]) Verhandlungen d. naturhistorisch. Vereins d. preuß. Rheinlandes u. Westfalens 1907.

der von Salzig die westliche Richtung einschlug, versiegte, als sich der Strom bis zu etwa 70 *m* Höhe über dem heutigen Rheinspiegel eingeschnitten hatte.

Unterhalb Koblenz erweitert sich das Rheintal, und wir gelangen in den Bereich des Neuwieder Beckens. Dort treten die Hochterrassen auf beiden Seiten weit vom Flusse zurück. Zwischen Andernach und Brohl ist das Rheinbett tief und eng in die Berge eingeschnitten. Die Hochterrassen treten wieder hart an den Fluß heran, nur bei Namedy bot das Tal Raum zu einer Anschwemmung. Die Insel Hammerstein ist wenigstens an ihrer Oberfläche, auf der Höhe von 50 *m*, eine Anschwemmung. Der Diluvialrhein hatte in dieser Gegend die Richtung des heutigen, floß aber ursprünglich in mehr als 200 *m* Höhe über die Berge. Der Fornicher Kopf, Hammerstein gegenüber, ein Vulkan der Diluvialzeit, muß wie der Rodderberg im Oberdiluvium, also zu einer Zeit tätig gewesen sein, als sich das Rheintal im Gebirge fast schon bis zu seiner heutigen Lage eingeschnitten hatte, denn ein Lavastrom hat sich von der Höhe bis ins heutige Strombett ergossen. Abwärts erweitert sich das Rheintal bis zur Enge zwischen dem Viktoriaberg und der Erpeler Ley und bildet die sogenannte Ahrbucht.

Die Einbrüche dort und im Bereiche der sogenannten Kölner Bucht sind mindestens alttertiären Alters. „Das Gebiet der Einbrüche war aber, zu Ende der Tertiärzeit etwa, ausgefüllt mit den Ablagerungen der Braunkohlenformation, als Ton, Sand, Braunkohle, denen sich im tertiären Vulkangebiete noch Tuffe zugesellten. In der Ahrbucht reichte die Auffüllung bis zu 190 *m*, am Siebengebirge nach Laspeyres (1900) bis zu 180 *m* Höhe.

Schon im Bereiche der Ahrbucht und noch mehr weiter zu Tal lagert unter dem Diluvium vielfach noch heute das früher aufgehäufte Tertiär, welches einst die ganze Talbreite einnahm. Bei Cleve sind noch solche angeblich gleichalterigen Tonablagerungen der Erosion entgangen, die auf 85 *m* Höhe lagern.

Bei seinem Eintritte in die heutige Ahrbucht überströmte der Fluß also zunächst die Ablagerungen der Braunkohlenformation im Gebiete der tektonischen Einbrüche, er mündete nicht in eine Bucht ein, wie sie heute vorhanden ist. Die Beschaffenheit fast aller Ablagerungen der Braunkohlenformation setzte dann der erodierenden Tätigkeit nur schwachen Widerstand entgegen, und so wurde das Tal durch Erosion nach und nach von den Ablagerungen, die es zeitweilig ausgefüllt hatten, wieder befreit. Erst als sich die Verhältnisse so entwickelt hatten, mündete der Rhein in das Ahrtal ein."

Der Beweis für die Anschauung, daß Ablagerungen der Braunkohlenformation einst die heutige Rheinspalte ausfüllten, ergibt sich nach Stürtz auch aus den Verhältnissen zwischen dem Rodderberge und Vinxel. Als der Strom auf der Höhe des Rodderberges in mehr als 180 *m* Höhe floß, setzte ihm der Drachenfels ein Hindernis gegen

die Verlegung des Strombettes nach Osten entgegen. Deshalb gibt es rechtsrheinisch abwärts vom Drachenfels bis zum Plateau von Vinxel keine hochgelegenen Kiesterrassen. Bei Vinxel kommt der Kies wieder in mehr als 180 *m* Höhe vor. Um dahin vom Rodderberge zu gelangen, überströmte der Fluß somit das heutige Rheintal. Das Tal war, wie gesagt bis zu 180 *m* Höhe mit Tuffen, Tonen usw. aufgefüllt.

Als das Rheinbett noch sehr hoch lag, das ist, bevor sich der Rhein in der heutigen Enge zwischen dem Viktoriaberge bei Remagen und der Erpeler Lei einschnitt, stand dort dem Flusse zu seiner Ausbreitung ein größerer Raum als heute zur Verfügung. Auf dem Viktoriaberge lagert der Kies auf 210 *m*, über der Erpeler Lei auf 200 *m* Höhe. Einer der ältesten diluvialen Rheinläufe schlug vom Viktoriaberge aus durch den Remagener Wald die nordwestliche Richtung ein.

Am Unkelsteine zwischen Remagen und Oberwinter hat man Reste des Rentieres und Moschusochsen gefunden, woraus zu schließen ist, daß, als diese Tiere dort lebten, das rheinische Klima einen sehr nordischen Charakter gehabt hat. Am Rodderberge füllt Löß den Krater aus, und in der Nähe sind auch Mammutreste gefunden worden. Der vulkanische Ausbruch des Rodderberges fällt in die Zeit der beginnenden Lößablagerung, also in den Anfang der interglazialen Epoche nach der ersten oberdiluvialen Eiszeit.

In jüngster Zeit hat G. Steinmann über den Löß und die Gliederung des Rheindiluviums am Rodderberge Aufklärungen gegeben, welche die Gliederung des Diluviums am Niederrheine mit derjenigen am Oberrheine in Übereinstimmung bringen.

Steinmann unterscheidet:

a) Alluvium = Niederterrasse; sie ist gleichbedeutend mit der Rheinebene zwischen dem Rodderberge und Bonn; es fehlt ihr der Löß, und sie weist Auelehm auf.

b) Gehängediluvium = Mittelterrasse, deren Oberkante sich nur 5 *m* über der Niederterrasse erhebt; sie ist von jüngerm Löß bedeckt.

c) Gehängediluvium = Hochterrasse, deren Oberkante am Rodderberge die 110 *m*-Höhe erreicht; es bedeckt sie älterer Löß mit Konkretionen, in konkordanter Lage, während den Hängen der Terrasse jüngerer Löß diskordant aufgelagert ist.

d) Plateaudiluvium mit Deckenschottern, die am Rodderberge in der Höhe von 160 bis 180 *m* verbreitet sind. Es überdeckt sie vielfach älterer Löß oder Höhenlehm.

„Steinmann," sagt Stürtz, „als Kenner der Verhältnisse im süddeutschen Rheingebiete, hat auf den ersten Anhieb die unterscheidenden Merkmale zwischen älterm und jüngerm Löß am Rodderberge in einer Weise gekennzeichnet, die geeignet ist, bei uns diese bisher viel umstrittene Frage zu erklären. Es sei aber dabei noch (nach Steinmann) angeführt, daß der Löß eine Moränenstaubabsonderung ist, welche der Wind den Entstehungsstellen entführte, und daß gerade der jüngere Löß bis zu den höchsten Höhen des Löß-

vorkommens überhaupt abgelagert ist; älterer Löß ist überhaupt weit mehr zu Tale als das höchstgelegene Lößvorkommen zu suchen und wird weiter durch die Lößpuppen gekennzeichnet.

Zwischen der Kiesablagerung auf der Plateauhöhe des Rodderberges und einem Vorkommen mehr talwärts, auf der Hochebene bei Vinxel rechtsrheinisch bis zu 192 *m* Höhe, bildet jetzt das Rheintal eine Unterbrechung, und doch hat der Rhein einst diesen Weg eingeschlagen. Damals füllten Trachyttuff und Ablagerungen der Braunkohlenformation das Rheintal bis zur Höhe von mehr als 180 *m* aus."

Stürtz berichtet weiter ausführlich über seine Beobachtungen der Rheinablagerungen rechts und links vom heutigen Strome bis nach den Niederlanden hin und faßt die Ergebnisse wie folgt zusammen: Talwärts der Ahrbucht nahm in älterer diluvialer Zeit eine Deltabildung des Rheines ihren Anfang. Es geschah dies, als das Rheinbett im Ahrgebiete in einer Höhe von etwa 200 *m* über dem heutigen Spiegel der Nordsee lag. Die beginnende Deltabildung ab Remagen-Oberwinter denkt sich Stürtz so, daß ein Rheinarm den Rodderberg, dann unter Überquerung des heutigen Rheintales Vinxel berührte und endlich über Schermbeck seinen Weg zum Meere fand. Ein anderer Flußarm nahm von Remagen seinen Lauf gegen die Roer und mit dieser vereint gegen die Maas bei Roermonde. Die Verbindung mit der Maas erlitt nach und nach dadurch eine Veränderung ihrer örtlichen Lage, daß der Rhein sein Bett mehr und mehr von Westen nach Osten verlegte. Auf Grund der eigenen und fremder Untersuchungen faßt Stürtz seine Anschauung in folgender Weise zusammen: Von der Ahrmündung her läßt sich der aus Kies und Sand bestehende Flußschutt als solcher, und zwar auf ungestörter Lagerstätte bis zu den (gewählten) Endpunkten Kleve linksrheinisch und Elten rechtsrheinisch, genügend fortlaufend verfolgen, um feststellen zu können, daß der diluviale Rhein als Strom, wohl in mehrern Armen zeitweise, das ganze Gebiet bis in die Niederlande hinein durchflossen hat. Als Küstenbildung könne man vielleicht gewisse Sande des niederrheinischen Gebietes und dazu dessen nordische Geschiebe ansehen, aber die Kiesaufschlüsse vom Gebirge bis zur Landesgrenze belehrten darüber, daß es sich um Ablagerungen auf voreinstiger Flußsohle handle.

Eine überaus wichtige Frage ist die nach der Beziehung der Eisüberlagerung und der nordischen Eisströme zum Gebiete des heutigen Niederrheines. Eine von Duisburg etwa nach Amsterdam zu ziehende Linie bezeichnet gegen Süd und West die Grenze des Vorkommens nordischer Geschiebe auf preußischem Gebiete. Sie liegen durchweg an der Erdoberfläche, vielfach dabei auf geschottertem und geschichtetem Kiese der Hoch- und Mittelterrassen, also bis hinab etwa zu 35 *m* über Normalnull. Aus der Auflagerung der Findlinge auf Kies ergibt sich, nach Stürtz, daß sie dem oberdilu-

vialen Glaziale angehören; aus dem Verlaufe der Grenzlinie des Vorkommens der Findlinge ergibt sich als wahrscheinlich ferner ein Vordringen des Inlandeises etwa von Nordost her. Die Mittelterrasse mußte auch schon vorhanden sein, als sich auf ihr Findlinge ablagerten, somit ist wenigstens die Hauptterrasse und namentlich, was noch höher liegt, sicher erheblich älter als das nordische Diluvium.

Die Grenzlinie des Vorkommens nordischer Geschiebe von Krefeld bis Nymwegen hat jüngst Lorié (1902) als zu einer Deutung dahin Anlaß gebend bezeichnet, daß in den Hügeln, welche talwärts der Linie Krefeld-Nymwegen, so bei Schaephuysen liegen, die Stirnmoräne des Rheingletschers zur Darstellung gelange. Als zutreffend kann Stürtz diese Angabe nicht bestätigen. Es handle sich vielmehr nördlich bis östlich der erwähnten Grenzlinie, wenigstens auf preußischem Gebiete, durchweg um Ablagerungen welche von geschottertem und geschichtetem Rheinkiese auf ungestörtem Lager dem nordischen Geschiebe jedenfalls häufiger auf- als eingelagert sind. „Im Sinne der Ausführungen Loriés könnte aber im Bereiche des Rheindiluviums in Rheinpreußen von Gletschern und Moränen nur da die Rede sein, wo wirklich die Einwirkung des Eisstromes auf Ablagerungen unverkennbar, wo glazialer Moränenschutt aufgehäuft ist. Unzweifelhaft brachte der Rhein der Eiszeit unter Umständen Kies bis ans Inlandeis oder auf das diesem vorgelagerte Grundeis. Inlandeis und Grundeis führten nordische Geschiebe, deren Mischung mit denjenigen des Rheines also hier und da erfolgen mußte. Regenwasser und Schmelzwasser führten ebenso eine Mischung herbei. Endlich kommt dafür auch Drift vor der Eisbarre in Betracht, die jedenfalls stattfand. Aus den angeführten Umständen ergibt sich aber, daß weder das Vorkommen nordischer Geschiebe an sich, noch deren örtliche Mischung mit Rheindiluvium schon allein zu der Schlußfolgerung berechtigen, man befinde sich im Bereiche der Stirnmoräne."

Über die hydrographischen und geologischen Verhältnisse und die verschiedenen Abschnitte des Diluviums, seine glazialen und interglazialen Zeiten bemerkt Stürtz: „Im Winter glazialer Zeiten bewegte der Strom wenig Wasser, denn die Gletscher der Schweiz und des westlichen Mitteldeutschlands gaben es dann nicht ab, stehendes Eis erfüllte das Flußbett; die Vereisung erstreckte sich von der Schweiz bis an die der Nordsee vorgelagerte Eisbarre. Auch die Geschiebebewegung war dann im Rheine unter Eis eine geringe, während sie im nordischen Eisstrome selbst ihren Fortgang nahm.

Die warme Jahreszeit setzte das Rheineis in Bewegung, und was sich ihm an Gestein aufgelagert hatte, trieb zu Tale, bis sich die Eisschollen ihrer Bürde entledigten, die oft aus schweren Gesteinsblöcken bestand. Dem abtreibenden Eise folgten große Wassermengen, welche den Flußschutt talwärts bewegten. Vor der Eisbarre an der Küste, die, wie jetzt allgemein angenommen wird,

zeitweise vorhanden war, stauten sich Eis und Wasser überall so lange, bis irgend ein Weg zum Meere frei wurde. Erfolgte der Abfluß im Sommer nicht oder nur teilweise, so vergrößerte sich über den nächsten Winter hinaus die Bedeutung der Rückstauung. Es wird dieser aber in der Literatur teilweise eine Höhe beigemessen, gegen die sich, was Westeuropa anbelangt, doch Bedenken nicht unterdrücken lassen.

Der Löß ist, wie man annimmt, teils durch Wind, teils als Niederschlag aus Wassertrübe namentlich zu Ende des großen oberdiluvialen Glazials abgelagert worden. Löß, den man als Niederschlag aus gestautem Rheinwasser anspricht, kommt nun in Mitteldeutschland in absoluten Höhen von weit mehr als 240 *m* noch vor. Durch die Rückstauung hätte also der Wasserspiegel um mehr als 240 *m* steigen müssen. Zu Ende der oberdiluvialen Eiszeit hatte der Rhein aber sein Bett schon allgemein tief eingeschnitten, so beispielsweise nach Laspeyres auch bei Rolandseck. Wir dürfen überhaupt annehmen, daß zu dieser Zeit die Mehrzahl der Täler der Flußgebiete des westlichen Europas, wenigstens für ihre spätere Ausbildung, schon vorhanden waren. Der Rheinspiegel liegt nun heute bei Rolandseck auf 47, bei Bingerbrück auf 76, bei Straßburg auf 132 und bei Basel gar auf 239 *m* (Pegel 246 *m*). Haben auch seit der Diluvialzeit Hebungen und Senkungen diese Zahlen verändert, so bieten sie doch eine gewisse Unterlage zu folgenden Betrachtungen:

Der bis weit über die 240 *m*-Höhe zurückgestaute Rhein, im Vereine mit der Maas, überschwemmte alle minder hoch gelegenen Punkte; die Täler von Bonn bis Basel waren zumeist unter Wasser, ebenso Nordwestdeutschland, Belgien und Nordfrankreich. Mag nun selbst, wie Laspeyres anführt, das Eis zeitweise selbst die Seinemündung gesperrt haben, so ist doch kaum anzunehmen, daß jemals bis in den Bereich des Atlantischen Ozeanes, weit südlich über die Insel Wight hinaus, eine Eismauer vorhanden war, die keine Lücken aufwies, sich überall bis über die 240 *m*-Höhe erhob und selbst an ihrem Endpunkte in Frankreich eine absolute Sperre landeinwärts bildete."

Als Einwurf, der zu seinem Gunsten spricht, erwähnt Stürtz das Fehlen von Gletscherspuren in Belgien. Damit tritt er in Gegensatz zu Laspeyres, der ehemalige Aufstauung des Rheinwassers durch eine Talsperre annimmt, die durch das nordische Inlandeis gebildet wurde und die Wasser des Stromes bis zu jenen Höhen steigen ließ, auf denen man heute Ablagerungen des Rheinlöß antrifft. Ein prinzipieller Gegensatz zwischen Stürtz und Laspeyres ist gleichwohl nicht vorhanden, denn beide Forscher sind darüber einig, daß in der Urgeschichte des Rheines die Eiszeit eine sehr wichtige Rolle gespielt hat.

An der Hand seiner Aufzeichnungen und der geologischen Karte der Rheinprovinz macht Stürtz auch interessante Angaben über den

veränderten Lauf rheinischer Flüsse seit der Diluvialzeit. So liegt die Niers ganz im Gebiete alter Rheinläufe und war später zeitweise ein Nebenfluß des Rheines, während sie sich heute in die Maas ergießt. Die Roer hat seit der Diluvialzeit ihr Bett bei Düren um fast 4 *km* westwärts verschoben. Die Erft vereinigte sich damals mit dem Rheine vor Eintritte in das Gebiet ihres heutigen Unterlaufes. Die Mosel zeigt gewaltige Erosionen, denn Moselkies findet sich bei Trier in Höhen von 254 bis 284 *m* über dem heutigen Flußspiegel. Solche Erosion erregt Erstaunen, aber Stürtz bemerkt mit Recht, daß die Tatsache minder auffallend erscheine, wenn man an die Auswaschungen im Gebirge nach einem einzigen Wolkenbruche denke und erwäge, daß zahlreiche Jahrtausende zwischen heute und der Diluvialzeit verflossen sind. Die Nahe ist wahrscheinlich gleichalterig mit dem Rheine. In der Höhe von 248 *m* überströmte sie, mit dem Rheine vereinigt, einstmals den Rochusberg. Der Rheinlauf, der rechtsrheinisch seine Spuren hinterließ und von Vinxel über Schermbeck Holland erreichte, kürzte mehr oder weniger die heutigen Unterläufe der Flüsse Sieg, Wupper, Düssel, Ruhr, Emscher und Lippe. — Wie viele Jahrtausende seit dem Beginne und Ende der Eiszeit in Nordwesteuropa vergangen sind, weiß man nicht. Stürtz glaubt, daß das Ende der jüngsten Eiszeit wenigstens 20 000 Jahre hinter der Gegenwart liege, also um einen Zeitraum viermal solang als die Menschengeschichte zurückreicht.

Die Leba und ihr Ost-West-Tal bildete den Gegenstand einer geographisch-geologischen Darlegung von Dr. phil. Axel Schmidt.[1]) Auf der 263 *km* langen hinterpommerschen Küstenstrecke, von der Dievenowmündung bis hinauf zu den Steilküsten von Rixhöft, fließen Rega, Persante, Wipper, Stolpe, Lupow und Leba in die Ostsee und führen die Niederschläge des Nordwestabhanges des baltischen Höhenrückens diesem Binnenmeere zu. Ein Blick auf eine physikalische Karte dieses Gebietes lehrt aber, daß die Flüsse, nicht der natürlichen Abdachung folgend, dem Meere in direktem nordwestlichen Laufe zueilen, sondern daß sie sich fast alle ihr Bett in mehrern rechtwinklig aufeinander stehenden Stücken in die lockern Diluvialmassen eingegraben haben. Neben dieser Eigentümlichkeit ist auch die Breite der ost-westlich verlaufenden Teile der Täler im Gegensatze zu den oft schmalen und tiefen Süd-Nord-Stücken auffallend; denn die geringen Wassermengen der heutigen Flüsse haben nie die Ausschürfung einer so breiten Talwanne auszuführen vermocht.

Den Grund dieser Eigentümlichkeit erklärt Dr. Schmidt an dem östlichsten Flusse, der Leba. Dieser Fluß entspringt in etwa 170 *m* Höhe auf einer Moorwiese, etwa 1 *km* südlich von Borzestowo,

[1]) Schriften d. naturforsch. Ges. in Danzig 1907. N. F. **12**. 1. Heft.

durchfließt den „Langen" und „Großen" See in ziemlich genau süd-nördlicher Richtung, biegt nach dem Ausflusse aus dem Großen See nach Osten um und durchfließt in trägem Laufe nur mooriges Wiesengelände. Nachdem sie den Röskausee in seinem nordwestlichen Teile durchflossen hat, durcheilt sie, auf der rechten Seite bei Kositzkau den Abfluß des Lappalitzer Sees und weiter unterhalb den des Oschuschinosees aufnehmend, ein tief eingerissenes Erosionstal und durchfließt dann den Sianowosee. Kurz nach dem Austritte aus ihm nimmt die Leba von rechts ihren ersten bedeutenden Zufluß auf. Sie fließt dann in einem gegen Osten offenen Bogen, empfängt den Abfluß des Bontscher- und Mirchausees, nimmt, nachdem sie die Wasser des Strepscher Sees mit sich vereinigt hat, eine rein süd-nördliche Richtung an und strömt, einem Mittelgebirgsflusse an Talbildung und Gefälle nicht unähnlich, an Paraschin vorbei. Bei Luisental erreicht die Leba das breite Ost-Westtal, das sie sich zu eigen gemacht hat. Nahe bei Speck erreicht die Leba den Lebasee, den bedeutendsten pommerschen Strandsee. Zwischen den Ruinen von Altleba und dem heutigen Leba durchbricht sie die Dünenkette und ergießt sich in die Ostsee durch ein Tief, das sie selbst im Laufe von 60 Jahren 180 *m* gegen Osten verschoben hat. Der Hauptgrund für diese Mündungsverlegung nach Osten ist in der aus der Oderbucht kommenden hinterpommerschen Küstenströmung zu erblicken.

Die Lebaquelle bei Borzestowo und die Lebamündung liegen in der Luftlinie nur 60 *km* auseinander, die Lauflänge beträgt aber rund 150 *km*. Das Gesamtgefälle beträgt 170 *m*, somit fällt die Leba im Durchschnitte auf 700 *m* um 1 *m*, oder auf 1000 *m* Lauflänge um 1.43 *m*.

Im geologischen Teile seiner Arbeit geht Dr. Schmidt auf die Ablagerungen der eiszeitlichen Epoche ein, deren einschneidende Wirkungen auf die norddeutschen Flußsysteme nachgewiesen ist. Er kommt zu folgendem Schlusse: Das heutige Lebatal hat, bedingt durch die Umwandlungen der jüngst vergangenen geologischen Epoche, die diese für das ganze Nordostdeutschland schuf, einst die Wasser der Weichsel abgeführt; und so ist die für die heutige Leba viel zu gewaltige Talbreite zu erklären. Erst nachdem durch den postglazialen Einbruch der Danziger Bucht die Weichsel schon früher das Sammelbecken der Ostsee erreichen konnte und ihre Mündung weiter ostwärts zu wählen gezwungen wurde als auf dem Umwege durch das heutige Lebatal, und nachdem entsprechend dem Einbruche im Osten durch eine Emporwölbung des Talbodens bei Klein-Boschpol das ursprünglich gleichsinnige Gefälle des letzten pommerschen Urstromtales unterbrochen wurde, nahm der unbedeutende Leba-Oberlauf Besitz von der durch die gewaltigen Wassermassen Russisch-Polens ausgewaschenen Talrinne und entwickelte so das heutige Flußsystem des letzten, östlichen pommerschen Küstenflusses.

Das Wasseregime des Dalelf ist von Axel Wallén studiert worden.[1]) Die Wasserstandsbeobachtungen sind in Avesta angestellt worden und umfassen den Zeitraum von 1894 bis 1904. Sie sind verhältnismäßig sehr zuverlässig, ungenügend sind die Niederschlagsbeobachtungen im Flußgebiete. Es ergab sich, daß der Abfluß 73.4%, die Verdunstung 26.6% beträgt. Die flüssigen Niederschläge sind im Winter unzureichend, und der Grundwasserspiegel steht in dieser Jahreszeit am tiefsten, Ende Sommer am höchsten. Der höchste monatliche Wasserstand fällt in den Mai, das Maximum der Niederschläge aber in den August.

Über die Physiographie des Niles verbreitete sich H. G. Lyons.[2]) Dieser Strom empfängt seine Zuflüsse von zwei Quellengebieten: das eine ist das äquatoriale Seeplateau (zwischen 5° südl. Br und 5° nördl. Br., 28° und 35° östl. L.), das andere liegt in dem Abessinischen Gebirge und dem Abessinischen Plateau (zwischen 7° und 14° nördl. Br., 35° und 40° östl. L.).

Das erstere Gebiet stellt das größere Auffangbassin dar und schließt den Viktoriasee, den Albert-Eduard- und Albertsee ein; diese Seen bilden Reservoirs, welche den Regenfall des ganzen Gebietes aufsammeln. Der Viktoriasee (welcher etwa die Größe von Schottland hat) liegt ungefähr in 1220 *m* Seehöhe, und sein Spiegel etwas unter dem durchschnittlichen Niveau des Plateaus. Das Terrain steigt langsam gegen Süden und Osten, rasch gegen das westlich gelegene Ruwenzorigebirge, welches das Viktoriaseegebiet von dem Tale trennt, in dem der Albert-Eduard- und Albertsee liegen; diese sind durch den Semlikifluß verbunden. Das Auffanggebiet des Viktoriasees hat eine verhältnismäßig kleine Ausdehnung und ist nicht mehr als doppelt so groß wie das Seegebiet selbst; das Seeniveau selbst schwankt nur wenig mit der Jahreszeit. Der Viktoria-Nil entspringt im Norden des Viktoriasees, passiert die Riponfälle und fließt dann durch flaches Marschland dem Flusse des Chogasees zu; hierauf gelangt er über eine Reihe von Schnellen und schließlich über den Murchisonfall an das Nordende des Albertsees in $2^1/_4°$ nördl. Br.

Der Albert-Eduard- und Albertsee scheinen mit ihrem Zuflußgebiete eine größere Wassermenge zu sammeln als der Viktoriasee. Der Viktoriasee gibt durch den Viktoria-Nil eine ziemlich konstante Wassermenge von durchschnittlich 500 *cbm* pro Sekunde ab; der Abfluß des Albertsees schwankt zwischen 500 und 1100 *cbm* pro Sekunde.

Der Abfluß des Seesystems nördlich vom Albertsee erfolgt durch den Bahr-el-Jebel oder Albert-Nil, wie er von Sir William

[1]) Bulletin of the geological institution of Upsala **8**. Nr. 1.
[2]) The Physiography of the River Nile and its Basin.

Willcocks genannt wurde. Derselbe fällt rasch von einem Niveau von 700 *m* in eines von 450 *m* bei Gondokoro (5° nördl. Br.), indem er in einem engen Bette zahlreiche Schnellen und Fälle bildet, um sich dann durch ein großes, flaches und sumpfiges Terrain dem Nosee ($9^1/_2$° nördl. Br.) zuzuwenden. Beim Nosee wird er durch den Bahr-el-Ghazal und ungefähr 8 Meilen weiter stromabwärts durch den Sobat verstärkt. Der erstere führt den größten Teil der Abflüsse des Sudans, und zwar namentlich aus dem äquatorialen Gürtel. Der Sobat empfängt seine Zuflüsse teils aus diesem Gebiete, teils von dem südlichen Abhange des Abessinischen Plateaus.

Zwischen dem Nosee und Khartum führt der Hauptstrom den Namen „Weißer Nil". Die Abflußmenge desselben variiert innerhalb des Jahres nur wenig und beträgt etwa nur 350 *cbm* pro Sekunde, also viel weniger als der Zufluß vom Albertsee allein. Die Differenz verdunstet wohl beim Durchfließen des ungeheuern Sumpfgebietes. Die Wassermenge des Sobat ist nur in der Regenzeit eine beträchtliche (von April bis Dezember) und bewegt sich dann zwischen 380 und 1470 *cbm* pro Sekunde. Der „Weiße Nil" empfängt unterhalb der Vereinigung mit dem Sobat ($9^1/_2$° nördl. Br.) bis Khartum ($15^1/_2$° nördl. Br.) keinen Zufluß und fließt in einem weiten Tale als breiter Strom von mäßiger Geschwindigkeit. Dieser Teil des Niles spielt eine untergeordnete, doch wichtige Rolle bei den Nilfluten. Vom Mai bis September wird das Wasser vom Sobat herabgebracht und in diesem Gebiete des Niles aufgespeichert. so daß es nichts zur Flut des untern Niles beiträgt. Kapitän Lyons stellt fest, daß durch diesen Vorgang etwa 1500 Millionen Kubikmeter Wasser der Sobatflut aufgespeichert werden, welche dem Nile erst in den Monaten Oktober, November und Dezember zugeführt werden, wodurch die Flutperiode verlängert und die Rückkehr des Niedrigwasserstandes verzögert wird.

Der Blaue Nil und der Atbara bringen die Hauptflut des Niles vom Abessinischen Plateau herab. Der Regenfall tritt daselbst zwischen Juni und September ein und fließt unmittelbar von den Höhen in die Täler ab; der größte Teil gelangt so in den Blauen Nil, der mit dem Weißen Nil bei Khartum zusammenfließt und den eigentlichen Nil bildet. Beim maximalen Hochwasserstande werden im Blauen Nil 12 500 *cbm*, im Atbara 5000 *cbm* pro Sekunde transportiert.

Das Hochwasser des Nils wird in dieser Zeit ausschließlich durch den Regenfall in Abessinien und dem anliegenden Sudangebiete gespeist. Es beginnt im Juni und erreicht sein Maximum Ende August bis Ende September. Die gesamte Abflußmenge während der Hochwasserperiode kann daher als Maßstab für die Menge des Regenfalles in Abessinien und dem angrenzenden Sudangebiete dienen, ebenso wie die Spiegelschwankungen des Viktoria- und Albertsees die jahreszeitlichen Verschiedenheiten des Regenfalles in ihren Zuflußgebieten repräsentieren.

Unterhalb der Einmündung des Atbara erhält der Nil (also zwischen 18° und 32° nördl. Br.) keinen Zufluß und fließt in einem relativ engen Tale, dem die Flutwässer mit ihren reichlichen alluvialen Zusätzen durch ein riesiges System von Kanälen zugeführt werden.

Das ganze Nilgebiet kann seiner geographischen Breitenausdehnung nach in drei nicht allzu ungleiche Teile geteilt werden: 1. in das südliche im äquatorialen Seengebiete zwischen 5° südl. Br. und 5° nördl. Br., 2. in das mittlere Gebiet von 5° bis 18° nördl. Br., welches den Sudan und Abessinien umschließt, und 3. in den nördlichen Teil, dem das untere Nilgebiet bis zum Mittelmeere (18° bis 32° nördl. Br.) angehört. Vom Januar bis Mai verdankt der nördliche Teil sein Wasser dem Abflusse aus dem äquatorialen Seengebiete, während er das Sommerhochwasser aus Abessinien erhält.

Der Pilcomayo, ein Hauptnebenfluß des Paraguaystromes, ist bisher in seinem Mittellaufe noch wenig bekannt gewesen, und zwar nicht nur infolge natürlicher Hindernisse der Forschung, sondern auch wegen der Feindseligkeit der den Gran Chaco bewohnenden Indianerstämme, besonders der Toba und Pilagá. Im Jahre 1905 wurde indessen in Berlin von einer privaten Gesellschaft zu Handelszwecken eine Expedition nach dem Pilcomayo entsendet, welche dessen Schiffbarkeit bis nach Bolivia untersuchen sollte. Die Expedition ging unter Leitung des Ingenieurs W. Herrmann Ende Februar 1906 nach Bolivia ab. Nach seiner Abreise traf die Nachricht ein, daß unlängst der Norweger G. Lange den Pilcomayo in seiner ganzen Ausdehnung bereist habe. Er hatte ihn von Asuncion bis Bolivia und wieder zurück verfolgt und dabei oft über Land marschieren müssen, da seine Boote nicht durchdringen konnten. Da die deutsche Expedition einmal unterwegs war, versuchte sie sich, nach Erledigung einiger ihrer andern Arbeiten, von neuem am Pilcomayo. Über das Resultat gibt ein Brief Herrmanns Aufschluß, der in der Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin (1906, Nr. 10) abgedruckt ist.

Der Brief ist vom 20. September 1906 und aus dem bolivianischen Fort Guachalla am mittlern Pilcomayo (20° 25′ südl. Br.) datiert. Herrmann klagt über die Unzuverlässigkeit aller bisherigen Karten, die nicht nur falsch, sondern teilweise sogar „gefälscht" seien. Er verließ am 4. August mit einem Argentinier und einigen bolivianischen Soldaten Guachalla in einer Chalana, einem einfachen, gezimmerten Kasten von 6 *m* Länge, während die übrige Begleitmannschaft am Ufer marschierte. Sandbänke und das Ungeschick der Leute im Umgange mit dem Fahrzeuge verursachten anfangs viel Mühe und Zeitverlust, aber erheblich waren die Hindernisse nicht, und die Stromschnellen und Wasserfälle der Karten fehlten. Die Indianer, die zu vielen Tausenden die Ufer bewohnen, verhielten sich

friedlich. Einige Aufmerksamkeit verlangten außer den Sandbänken die im Flusse liegenden Baumstämme; Aufenthalt entstand immer an dichten Flechtbarrieren, die von den Indianern von Ufer zu Ufer gezogen waren und den Zweck haben, die Fischgerechtigkeit zwischen den einzelnen Dörfern herzustellen und das Wandern der Fische aus dem einen in das andere Fanggebiet zu verhindern. Gegen Tabak, nach dem sie „ganz toll" waren, halfen die Indianer selbst, für die Chalana ein Loch durch die Barrieren brechen. Die Ufer, die anfangs 10 bis 12 *m* hoch waren, wurden immer niedriger; am 30. August hatten sie nur noch $1^1/_2$ bis 2 *m* Höhe. Der Fluß führte in jener Jahreszeit nur wenig Wasser; sonst überschwemmt er das Land kilometerweit. Doch war das Ufergelände auch damals sumpfig, man war in den Bereich der Esteros geraten, und der Landbegleitung war es nicht mehr möglich, dem Fahrzeuge zu Pferde oder Maultier zu folgen.

Am 1. September mußte Herrmann auch mit seiner Chalana Halt machen. Es lösten sich zahlreiche kleine Arme vom Pilcomayo ab, und schließlich teilte er sich in zwei gleich große Arme, die mit Sandbänken, Bäumen und Gestrüpp erfüllt waren. Zur Beseitigung dieser Hindernisse wären Monate und viele Menschen nötig gewesen, man mußte also die Chalana verlassen und zu Fuß weiter ziehen. Schließlich vereinigten sich die beiden Flußarme wieder. Am 4. September aber fand man, daß der Pilcomayo sich in ein Netz von unzähligen Armen teilte, die durch sumpfiges Terrain flossen; man war in den aus Fries' Schilderung bekannten Patiño-Esteros, die nach Herrmann unter 24° 5′ südl. Br. liegen oder beginnen. Die Reisenden durchwateten, Kleidung, Flinte und Proviant auf dem Kopf tragend und oft bis zu den Schultern einsinkend, noch mehrere Arme des Pilcomayo. Es war sowohl unmöglich, weiter zu fahren, wie in der Nähe des Flusses weiter zu reiten, oder trocken zu gehen, und so trat Herrmann am 5. September zu Lande, am nördlichen Ufer aufwärts ziehend, den Rückweg an. In schnellem Marsche — einige Lebensmittel waren knapp — erreichte er am 19. September Guachalla. Er gedachte dann, den Oberlauf des Pilcomayo von dort bis San Franzisko (21° 20′ südl. Br.) aufwärts zu verfolgen, der schiffbar sein soll. Herrmann bemerkt, er habe den Mittellauf des Pilcomayo zwischen 22 und 24° südl. Br. erforscht und damit den Hauptzweck der Expedition erreicht. Das stimmt nicht ganz; denn er sollte den ganzen Pilcomayo hinunterfahren, bzw. auf seinen Wert als Verkehrsstraße untersuchen. Es geht aber aus dem Gesagten zur Genüge hervor, daß der Pilcomayo kein benutzbarer Wasserweg ist.

Über das Zurückgehen der Niagarafälle und den voraussichtlichen Einfluß ihrer geplanten wirtschaftlichen Ausnutzung äußert sich Prof. J. W. Spencer in einem Berichte der kanadischen Geolo-

gical Survey für 1905. Seine Untersuchungen begannen bereits 1890 und wurden 1904 bis 1905 zu Ende geführt; sie galten zuletzt der kanadischen Seite der Fälle. Deren Zurückgehen auf der amerikanischen Seite ist nur schwach. Von 1890 bis 1905 hat das Zurückgehen nur die Hälfte des Betrages der voraufgehenden 15 Jahre erreicht, und zwar hauptsächlich infolge des größern Widerstandes des Gesteines, dann auch infolge der Verringerung der Wassermassen durch die Niveauänderung des Eriesees. Nach Spencer wird das Zurückgehen nicht allein durch das Unterminieren des harten, überhängenden Sandsteines verursacht, sondern dadurch, daß dieser an Querspalten durchbrochen und schließlich abgetrennt wird, so daß das Wasser auf niedrigere Leisten aufschlägt. Eine besondere Eigenart der Kante des Falles ist der Wechsel zwischen einer breiten oder flachen Sichel und einer solchen mit keilförmigem Scheitel. Der Betrag des Zurückgehens war in den letzten 15 Jahren 0.67 *m* jährlich im Durchschnitte gegen 1.65 *m* zwischen 1875 und 1890. Von 1842 bis 1886 ist die Mitte des Falles um 87 *m* zurückgegangen, die folgenden Jahre bewirkten nur eine Erweiterung der Sichel. Neun Zehntel der gesamten Wassermasse des Niagara kommen durch den kanadischen Kanal, das Niveau des Flusses oberhalb wird durch eine Felsleiste von der Spitze von Goat Island bis fast bis zum kanadischen Ufer bestimmt. Da die größte der Kraftausnutzungsgesellschaften ihr Wasser vom Ende dieses Riegels entnehmen will, so muß der New-Yorkerseite ein großes Wasservolumen entzogen werden, weshalb auch die Wassermassen der kanadischen Seite in Mitleidenschaft gezogen werden. Die beabsichtigte Verringerung um 10 bis 15% würde den Kanal verengern und das Wasser von den flachern Teilen ablenken. Nach Spencer ist die dortige Grenze zwischen Kanada und den Vereinigten Staaten nicht, der gewöhnlichen Annahme zufolge, veränderlich, sondern durch die Kommission von 1819 festgelegt. Sie läuft 100 *m* von Goat Island aus, indem sie alles außer einem Ende der Sichel der kanadischen Fälle auf kanadischem Gebiete läßt, und ist von dem tiefen Teile des Kanales nicht weit entfernt. Aus den Lotungen Spencers geht unter anderm hervor, daß dicht unter der Goat Islandplatte eine Tiefe von 58 *m* vorhanden ist.[1])

Seen und Moore.

Die Bodenseeforschung in ihrer geschichtlichen Entwicklung bildete den Gegenstand einer sehr interessanten Studie von Prof. Dr. S. Günther[2]), in welcher dieser mit der bei ihm gewohnten Gründlichkeit den Gegenstand darstellt.

[1]) Globus 1907. p. 179.
[2]) Schriften des Vereines für Geschichte des Bodensees 1906. Heft 35.

Im Gegensatze zum Genfer See ist die Erforschung des Bodensees erst in jüngster Zeit in Angriff genommen worden; wenig über drei Jahrzehnte sind erst dahingegangen, seitdem man auch ihm ein wirklich lebhaftes Interesse zuzuschreiben sich anschickte, um dann freilich auch um so energischer nachzuholen, was die Vergangenheit versäumt hatte.

Allgemeine geologisch-geographische Charakteristiken des Sees und seiner Uferlande reichen in die sechziger Jahre zurück; die ersten spezifisch entstehungsgeschichtlichen Arbeiten entstammen anscheinend dem Jahre 1874. Steudel bemühte sich um die Ermittlung der Zeit, zu welcher ungefähr der Bodensee seine gegenwärtigen Umrißlinien erhalten haben möchte, und Probst, einer der Veteranen der Glazialforschung, die er mit Umsicht und Hingebung, wiewohl auch mit mancherlei Zugeständnissen an eine kräftige Phantasie, betrieben hat, entwickelte neue Ansichten über den Charakter Oberschwabens, den er, wie wir heute sagen würden, als Moränenlandschaft definierte. Daß nunmehr auch andere Geologen, welche sich mit den Gletscherresiduen befaßten, dem Bodensee näher traten, liegt in der Natur der Sache, und vorzugsweise war es Pencks durchschlagendes Jugendwerk: „Die Vergletscherung der deutschen Alpen", welchem auch für das hier in Rede stehende Territorium reiche Anregung zu entnehmen war. Später hat Sieger das Wesen der Drumlinlandschaft am Überlinger See schärfer präzisiert und im einzelnen festgestellt, daß man an gewissen Kriterien die Seehöhen vergangener Zeiten zu erkennen imstande ist. Miller gab (1877) zuerst eine Erklärung für den Ursprung des Sees, und insofern er denselben als Endergebnis tektonischer Kräfte auffaßte, konnte seine Ansicht auch die Billigung späterer Kreise finden; allerdings damit, daß der See, so wie dies Desor für gewisse Senken im Jura wahrscheinlich zu machen gewußt hatte, ein einfacher Klusensee in aufgesprengtem Faltensattel sein sollte, konnte sich die Folgezeit nicht einverstanden erklären, da in Wirklichkeit ungleich kompliziertere Vorgänge inmitte liegen. Auch im übrigen sind noch Abhandlungen aus der Feder Millers zu nennen. Er verbreitete sich auch über die geologische Geschichte des Untersees und des benachbarten Hegaus und über die Tieferlegung des Sees; das Wort Molassemeer, das jedoch schon vorher Escher v. d. Linth gebrauchte, dürfte die Wasserbedeckung der Bodenseegegend in der spätern Tertiärzeit nach den paläontologischen Funden von Schalch richtig kennzeichnen, während man längere Zeit den Petrefakten des nördlichen Seeuferstriches bloß eine limnische Fazies zuzuschreiben geneigt gewesen war. Jedenfalls müssen Probst und Miller mit Ehren unter den ersten Vertretern einer als Glazialgeologie zu so hohem Entwicklungsstande gediehenen Disziplin angeführt werden.

Bezüglich des Problems der Seebildung stehen sich zwei grundverschiedene Doktrinen gegenüber. Die eine (Ramsay, Tyndall)

befürwortet eine Ausfurchung der Seemulde durch die diluvialen Gletscher; nach der andern ist an eine Kombination von Einbrüchen, Hebungen und Wassererosion in erster, an die Detailarbeit der Gletscher nur in zweiter Linie zu denken, sowie für die nördlichen Voralpenseen A. Heim eine solche Entstehung schon zuvor als sehr plausibel hingestellt hat. Rothpletz tat dar, daß in einer nicht besonders weit zurückliegenden geologischen Vergangenheit der Rhein nicht seinen Lauf in den Bodensee nahm, sondern vielmehr Linth- und Limmattal durchfloß. Erst ein späteres Ereignis, die Verstopfung der Öffnung von Sargans, leitete die Herausbildung der uns Epigonen geläufigen hydrographischen Verhältnisse ein, wogegen vor dessen Eintritt Züricher-, Walen- und Bodensee eine einheitlich zusammenhängende, vom Rhein seitlich durchströmte Wassermasse dargestellt haben müssen.

Von anderweitigen hierher gehörigen Arbeiten nennt Prof. Günther die von Kellermann über die Beeinflussung der Lindauer Bucht durch die Rheinkorrektion und von Krapf über einige ebenfalls mit dieser zusammenhängende morphologische Gegenstände. Die Entwicklungsgeschichte des obern Donautales konnte Penck von einem weite Perspektiven gewährenden Standpunkte aus skizzieren, da ihm durch mehrjährige Studien das Glazialterrain zwischen Donau und Rhein völlig vertraut geworden war. Auch die Abzapfung des Donauwassers durch die Aach, deren Natur der Karlsruher Mineraloge Knop (1875) durch Versuche mit Kochsalz und Fluoreszin außer Zweifel gestellt hatte, findet eingehende Erörterung, indem zugleich des geschichtlichen Faktums gedacht wird, daß zuerst eine Tübinger Dissertation von Breuninger im Jahre 1719 dieser unterirdischen Verbindung zwischen den Gebieten der beiden größten auf deutschem Boden entspringenden Ströme Erwähnung tut.

Ziemlich viel ist im Laufe der Zeiten über die Wechselbeziehungen zwischen dem See und der Atmosphäre gearbeitet worden. Vielleicht die älteste Probe wissenschaftlicher Inangriffnahme einschlägiger Fragen stammt aus der Feder des bekannten Tübinger Meteorologen Schübler, dessen Ergebnisse teilweise ihre Bestätigung erhielten durch C. Heß in Frauenfeld, der das Gelände zwischen dem Überlinger See und dem Ruppen als Konvergenzgebiet zahlreicher Gewitterzüge charakterisierte. Mehrfach begegnen wir auf diesem Arbeitsfelde dem Bregenzer v. Seyffertitz. Man hat von ihm eine Studie über die Regenverhältnisse des Seebezirkes, über lokale Prognosen und vor allem über den Fallwind des Pfändergebirges. Dieser wird als „falscher Föhn" angesprochen; indessen ist der Autor, der sich auf Hann beruft, bezüglich der Definition dieser Windform ganz auf dem richtigen Wege. Als phänologisch interessant haben wir die Statistik der guten Weinjahre von Lanz anzuerkennen. Den bedeutendsten Beitrag zur Bodenseeklimatologie dürfte indessen eine Spezialschrift von Walter geliefert haben. In ihr wird

nämlich der Nachweis geführt, daß, wie dies von den großen nordamerikanischen Seen bereits bekannt war, die gewaltige Wassermasse des Schwäbischen Meeres eine gewisse Wirkung auf die atmosphärischen Zustände in dem Sinne ausübt, eine Annäherung des Klimacharakters an den maritimen Typus herbeizuführen. Die Isothermen lassen im Bereiche des Sees eine unverkennbare Ausbiegung hervortreten.

Hydrologisch wertvoll ist ein Aufsatz des Physikochemikers Hoppe-Seyler über die Gasabsorption im Bodenseewasser; den Anlaß dazu hatten die Untersuchungen von Jacobsen in Rostock über das Verhalten der im Meerwasser eingeschlossenen Kohlensäure gegeben. Eine gute Grundlage für die Beurteilung der thermischen Ökonomie des Sees schuf durch seine systematisch angestellten Messungen Regelmann. Große Verdienste hat sich nicht bloß um den Bodensee als solchen, sondern um die Physik der Binnenseen überhaupt, Graf E. Zeppelin erworben. Mit großer Energie hat er auf die Auseinanderhaltung der dem See eigentümlichen Bewegungsformen hingearbeitet, und es ist ihm gelungen, die Grundwellen völlig von dem Laufen des Sees („Ruhß") zu trennen, welches als echte und unzweifelhafte Seichesbewegung erkannt wurde. Was wir von den stehenden Wellen des Bodensees wissen, worüber zuvor die seltsamsten Meinungen verbreitet waren, das dankt man dem unermüdlichen Eifer des Grafen, welchem, wie er erwähnt, der in allen Launen seines Sees bewanderte Fischer Steinam als Berater zur Seite stand. Auch von einer andern Studie des gleichen Autors ist noch Akt zu nehmen. Graf Zeppelin hat ein gewaltiges Material über jene merkwürdigen Detonationen zusammengebracht, die man in der Schweiz und in Südwestdeutschland nicht ganz selten vernimmt, und die man zu den „geophysischen Rätseln" rechnet. Mag auch neuerdings die Ansicht, daß diese „Bodenknalle" endogener Herkunft seien, mehr Anhänger als die ältere gewonnen haben, nach welcher die dumpfen Töne aus dem Wasser oder aus der Luft stammen sollten, so wird jener Publikation doch immer die Bedeutung einer Fundgrube für weitere Nachforschung verbleiben.

Die lakustre Biologie fand in dem rührigen Miller in neuerer Zeit einen ersten Bearbeiter. Allgemeinere Fragen über die pelagische Seefauna stellte Steudel zur Diskussion. Die hervorragendste Einzelleistung zoologischen Inhaltes geht aber auf den berühmten Freiburger Deszendenztheoretiker Weismann zurück. Er hat u. a. die Anregung zur Prüfung gegeben, ob die Tierwelt im Bodensee einen Anhaltspunkt dafür gewähre, jenen in die Reihe der Reliktenseen zu stellen.

Dem Bodenseevereine wird von Prof. Günther das Lob gezollt, daß er die Unzulänglichkeit der von ihm selbst aufzubringenden Kräfte und Mittel objektiv erfaßt und sie durch Werbetätigkeit zu verstärken gestrebt hat. Als erster Uferstaat wurde Württemberg

für die wissenschaftlichen Zwecke einer einheitlich geregelten Bodenseeforschung gewonnen, später folgten Baden, Bayern, Österreich und die Schweiz nach, und im September 1886 trat in Friedrichshafen eine Kommission zusammen, um sich über die nächsten und weitern Schritte schlüssig zu machen. Das vereinbarte Programm verlangte zuerst eine Originalkarte im Maßstabe 1 : 25 000, resp. für das größere Publikum 1 : 50 000 und weiterhin je eine Serie physikalisch-geographischer und biologischer Untersuchungen: Ermittlungen über die chemische Zusammensetzung des Seewassers, über seine Durchsichtigkeit, Farbe und Temperatur in horizontaler und vertikaler Verteilung, endlich über die Bewegungsphänomene, von denen die Seiches am meisten in Betracht kommen. Dann: Erforschung der Pflanzen- und Tierwelt, und zwar wiederum nach ganz bestimmten Grundsätzen.

Sehr zu billigen ist der Beschluß, die Forschungsresultate nicht als gesonderten Abdruck vor die Öffentlichkeit zu bringen, sondern sie dem Bodenseegeschichtsvereine für seine regelmäßig erscheinenden Denkschriften zu überlassen. Damit wurde bereits ein vielversprechender Anfang gemacht. Die bezüglichen Arbeiten erhalten in den einzelnen Heften einen eigenen Platz mit der durchlaufenden Überschrift Bodenseeforschungen angewiesen. Die „Abschnitte", die in den ersten Jahren seit Organisation der Forschungstätigkeit berichten, stellt Günther in einer Note zusammen.

Die geophysikalischen Verhältnisse des Bodensees stellte C. B. Klunzinger dar.[1]) Die Uferzone des Bodensees, welche dem unmittelbaren Einflusse der Wellen ausgesetzt ist, zeigt zum Teile die Wirkungen der Erosion (Ausnagung, Ausspülung), zum Teile die der Anschwemmung (Alluvion). Die der Ausspülung ausgesetzten Uferstrecken zeigen, in der Folge von außen nach innen, den nur bei starkem Hochwasser von den Wellen erreichten Uferrand, den nur indirekt, durch Unterspülung von den Wellen beeinflußten Steilrand, den mit Geröll und Sand bedeckten, schräg abfallenden, schon ganz im Bereiche der Wellen gelegenen Strand und die sogenannte Wysse, eine nahezu horizontale, durch Ablagerung von Material durch die rückläufigen Wellen gebildete Ebene, welche schließlich in Gestalt einer Halde gegen das offene Seebecken abfällt; das angeschwemmte Ufer, welches sich nur an den Mündungen von Flüssen oder Bächen findet, endet mit einem gleichfalls gegen den Seegrund abfallenden Schuttkegel. Selbstverständlich sind die hier gekennzeichneten Uferformen nicht überall vertreten, sondern lokal begrenzt.

---

[1]) Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde **2**. p. 97 ff. Referat darüber von R. v. Hanstein in Naturwiss. Rundschau 1907. Nr. 32, woraus oben der Text.

Im Gegensatze zur Uferzone ist der Seekessel oder die Tiefenzone des Sees durch die bedeutende Tiefe (9 *m* und mehr) dem Einflusse der Wellen entzogen. Böschungen von verschieden starkem Gefälle verbinden die Uferzone mit der mehr oder weniger horizontalen Sohle, welche sich in 200 bis 252 *m* Tiefe befindet. Mehrere, den Bodensee in seiner ganzen Breite überquerende, wenngleich nicht sehr bedeutende Erhebungen zerlegen den Boden in vier gesonderte Tiefbecken oder „Schwebe": ein großes, mittleres („tiefster Schweb"), zwei am obern Ende gelegene (Bregenzer und Lindauer Schweb, mit 62,8, bzw. 77,8 *m* größter Tiefe) und das Tiefbecken des Überlinger Sees (147,1 *m*). Über die Eingangsböschung an der Einmündung des Rheines und den dieselbe begrenzenden Schuttkegel hinab zieht sich, in der Fortsetzung des Rheinbettes, von Südosten bis Nordwesten etwa 8.25 *km* weit ein unterseeisches Rinnsal, bis zur Tiefe von 205 *m*. An der Mündung des Argen biegt es rechtwinklig ab und verläuft 3.5 *km* weit nach Südwesten, um sich schließlich in der Eingangsböschung des Seekessels zu verlieren. Die Breite des Rinnsales, das wie ein oberirdisches Flußbett gewunden ist, wechselt zwischen 330 und 825 *m*, meist beträgt sie 500 bis 600 *m*. Klunzinger neigt der Annahme zu, daß es sich hier um einen Rest des ursprünglichen Flußbettes handele, und weist darauf hin, daß ein zweites Rinnsal sich 5 *km* weit vom Altenrhein bis Romanshorn verfolgen läßt, welches der ursprünglichen Mündung des Rheines entspreche.

Der Untersee, der als ein südlicher Arm des Bodensees zu betrachten ist, ist durch Anschwemmungen, Bachgeschiebe usw. verhältnismäßig seicht geworden. Er zerfällt in ein großes Hauptbecken von 46.4 *m* größter Tiefe und zwei kleinere (größte Tiefe 45.7 *m* und 32.4 *m*); als viertes und fünftes sind der Zeller- und der Gnadensee zu betrachten.

Der Grund und Boden des ganzen Bodensees ist mit Sinkstoffen bedeckt, welche, hauptsächlich aus Zuflüssen stammend, aus feinem Schlamme und Schlicke bestehen. Einen geringern Anteil nehmen die aus dem See selbst stammenden Krustazeen- und Diatomeenpanzer, Schiffsabfälle u. dergl. m. Die jährliche Zufuhr von Sinkstoffen beträgt 4 Mill. *cbm*; da der Rauminhalt des Gesamtsees nach der Berechnung von Penck rund 49 Mill. *cbm* beträgt, so würde die Ausfüllung des ganzen Sees durch die Geschiebe etwa 12500 Jahre dauern.

Geologisch stellt sich das Bodenseegebiet als Tertiärmulde zwischen Alpen und Jura dar. Über die Entstehung des Sees stehen sich verschiedene Hypothesen gegenüber. Die eine (Lyell, Rütimeyer, Heim, Forel u. a.) führt die Bildung des Sees auf Erosion (altes Rheintal) mit nachfolgender tektonischer Verbiegung (Senkung des obern und entsprechende Hebung des untern Teiles) zurück, während andere (Ramsay, Penck) eine Entstehung durch Gletschererosion annehmen.

Außer den periodischen Schwankungen des Wasserstandes, wie sie durch die stärkern Schneeschmelzen (Juni, Juli) oder durch die winterliche Verminderung des Wasserzuflusses (Januar, Februar) bedingt sind, kommen zuweilen außerordentliche Erhöhungen des Wasserspiegels vor, so im Mai, wenn nach spätem Schneefalle plötzlich ein Abschmelzen durch warme Winde bei gleichzeitigen starken Regenfällen erfolgt, oder im September nach starkem Herbstregen. Die durch den Rhein hervorgerufene Strömung ist, wegen der Weite des Seebeckens, unmeßbar gering; andere Strömungen und Schwankungen werden, wie in allen Seebecken, durch den Wind und durch thermische Änderungen bedingt; außer den Wellenbewegungen sind auch die als „Seiches" bezeichneten rhythmischen Schwankungen zu erwähnen, die im Durchschnitte etwa 2 *cm* betragen.

Die chemische Untersuchung ergab, daß das Bodenseewasser sehr rein ist. Schon Hoppe-Seyler wies nach, daß das Wasser mit Sauerstoff und Stickstoff nahezu gesättigt sei, daß aber nach der Tiefe zu der Sauerstoffgehalt abnehme, was auf den Verbrauch des Sauerstoffes durch die Organismen zurückzuführen ist. Der Bodengrund ist reich an SiO_2 (50 bis 53%), Kalk (22%), Tonerde (16 bis 18%) und Eisen (5 bis 6%).

Die Temperatur des Oberflächenwassers betrug während der nahezu zweijährigen Beobachtungsperiode vom 1. August 1889 bis 3. Juli 1891 im Mittel 10.1°; das Maximum 22.6°, das Minimum 1.8°. Die Häfen zeigten im Durchschnitte eine etwas niedrigere Temperatur mit größerer Schwankung, der Untersee war etwas wärmer. Die mittels Tiefseethermometers bei Friedrichshafen festgestellten Tiefentemperaturen ergaben in den größern Tiefen nur geringe Schwankungen um etwa 4°. Zu gewissen Zeiten, so im Januar 1890 und 1901, im März 1890 und im April 1891 fand sich in allen Schichten des Seewassers eine gleiche Temperatur von 4°, sonst zeigt sich eine thermische Schichtung des Wassers, wobei natürlich die tiefsten Schichten stets das spezifisch schwerste Wasser von 4° enthalten. Im Frühjahre, Sommer und Herbste nimmt die Temperatur nach der Tiefe zu ab, im Winter ist es umgekehrt, bei meist geringem Temperaturunterschiede, da auch das Oberflächenwasser selten unter 2° sinkt. Die Temperatur des Rheines oberhalb Bregenz ist im Frühjahre höher, zu allen andern Zeiten niedriger als die des Wassers der Seeoberfläche. — Die Menge der im Seewasser während der warmen Jahreszeit aufgespeicherten Wärme beträgt 180 bis 200 Billionen Wärmeeinheiten, die dann im Herbste und Winter abgegeben werden. Hieraus erklärt sich das gemäßigte Seeklima, das seltene Zufrieren des Sees im Winter, dessen Milde auch durch die herrschenden Winde bedingt wird, und die große Fruchtbarkeit. Charakteristisch für das Seeklima sind die häufigen Herbst- und Winternebel.

Die nach der Secchischen Methode (Versenken einer runden, weiß angestrichenen Scheibe von 20 *cm* Durchmesser bis zum Un-

sichtbarwerden derselben) an fünf Stationen mehrere Jahre hindurch zweimal monatlich vorgenommene optische Prüfung des Bodensee-wassers ergab, daß die Sichtbarkeitsgrenze im Winter durchschnittlich bei 6.6 *m*, im Sommer bei 4.49 *m* erreicht wurde. Die geringere Durchsichtigkeit im Sommer erklärt sich durch den größern Reichtum an Organismen und an Sinkstoffen, sowie durch die ausgesprochene thermische Schichtung, welche mehr Stäubchen schwebend erhält. Die mittels lichtempfindlicher Chlorsilberplatte festgestellte Grenze der absoluten Dunkelheit lag im Sommer bei 30 bis 40 *m*, im Winter bei 50 *m*. Die Grenze liegt also nur halb so tief als im Genfer See, ein Umstand, der noch nicht völlig erklärt, vielleicht durch die verschiedene Färbung des Wassers in beiden Seen bedingt ist.

Prüfung mit der Forelschen Farbenskala ergab für den westlichen Teil des Bodensees dunkelgrüne (Skala VI und VII), für den östlichen mehr gelbliche Färbung, wohl unter dem Einflusse des grünen Rheinwassers.

Eine eigenartige, noch nicht ursächlich aufgeklärte Lichterscheinung, die von den Schiffern als Vorbote eines Sturmes angesehen wird, ist das Auftreten einer großen kreisrunden Fläche, welche die Regenbogenfarben in konzentrischer Anordnung zeigt. — Auch das sogenannte Seeschießen, ein bei beginnender Dunstbildung nach vorher hellem Wetter, am häufigsten bei Föhn, von verschiedenen Schweizer Seen in der Zeit von Frühling bis Herbst häufig beobachtetes Knattern oder Klopfen, oft an ferne Kanonenschüsse erinnernd, ist noch nicht mit Sicherheit erklärt.

Die Niveauschwankungen des Chiemsees wurden von Dr. Anton Endrös beobachtet und studiert.[1]) Während bisher fast ausschließlich Seen mit ausgesprochener Längsrichtung auf ihre Schwingungsverhältnisse hin untersucht wurden, liegt hier zum ersten Male die eingehende Untersuchung eines Sees vor, der fast die gleiche Breiten- wie Längenausdehnung hat. Dazu kommt noch eine sehr komplizierte Umriß- und Beckenform mit sieben größern Ausbuchtungen und drei Inseln. Den Chiemsee kann man daher hinsichtlich seiner Schwingungsverhältnisse mit einer schwingenden Platte (einer sogenannten Chladnischen Klangplatte) vergleichen, welche wechselnde Dicke, viele Einschnitte und ganz unregelmäßige Umrißform besitzt, wobei noch Teile aus der Platte in Gestalt der Inseln ausgespart sind, im Gegensatze zu den Langseen, welche passend mit schwingenden Saiten verglichen worden sind. Demgemäß sind auch die Schwingungsformen, wie sie die Untersuchung ergeben hat, äußerst mannigfach und kompliziert.

Der Chiemsee hat drei uninodale Schwingungen von je 54, 41 und 36 Minuten Periodendauer (diejenige von 41 Minuten Dauer ist

[1]) Petermanns Mitt. 1907. p. 21.

die Hauptschwingung), eine binodale Schwingung des ganzen Beckens von $28^1/_2$ Minuten Dauer (die als nächste Oberschwingung zu der 36 Minutenseiche gelten muß) und elf andere mehrknotige Schwingungen, ohne die von weniger als 3 Minuten Dauer zu zählen. „In die Beobachtungszeit fällt der Eintritt der Seespiegelsenkung des Chiemsees um rund 70 *cm*, und es bot sich daher Gelegenheit, den Einfluß der starken Wasserstandsänderung, welche mit dem wechselnden Pegelstande zusammen 1.66 *m* betrug, auf die Seiches zu untersuchen. Durch diese Verringerung der Tiefe wurde also, um auf den Vergleich mit der schwingenden Platte zurückzukommen, die Dicke derselben merklich verringert und außerdem auch die Größe derselben, da bei der Seichtheit der Ufer die Seefläche des Chiemsees von 90 *qkm* bei dem höchsten Wasserstande der Beobachtungszeit bis 78 *qkm* bei dem niedrigsten zurückging, also um 14% der Seefläche bei Mittelwasser sich verkleinerte. Es ist daher begreiflich, daß die Tieferlegung einen bedeutenden Einfluß auf die Seiches des Sees ausüben mußte. In der Tat wurde einmal die Dauer der größern Zahl Schwingungen zum Teile bedeutend verringert; so nahm die Hauptschwingungsdauer von 44.05 bis 39.34 Minuten ab, das ist um 11% ihres Mittelwertes. Der Theorie nach sollte die Dauer mit Abnahme der Tiefe zunehmen, aber die Abnahme der Fläche überwiegt die erstere an Größe, und ihr proportional nimmt auch die Dauer ab. Ferner traten bei niedrigem Wasserstande einzelne Schwingungen gar nicht mehr auf oder andere viel seltener und mit kleinerer Amplitude als früher, während dafür wieder andere neu dazukamen und schon vorhandene häufiger und mit größerer Amplitude angetroffen wurden. Durch Veränderungen der Seedimensionen nur auf einer Seite des Knotens muß nämlich der Knoten gegen die andere Seite verschoben werden und je nach der größern oder geringern Entfernung desselben gegen eine Beckenunregelmäßigkeit kann eine Schwingung stabiler oder instabiler werden.

Diese Ergebnisse wie auch die gesamten Schwingungszustände unseres Sees stehen im allgemeinen mit der neuen Chrystalschen Theorie vollständig im Einklange. Doch ist eine exakte Berechnung der Perioden und der Lage der Knoten, wie sie Chrystal und Maclagan-Wedderburn in letzter Zeit an den regelmäßig geformten schottischen Langseen Earn und Treig vorgenommen haben, am Chiemsee nicht möglich, da die Theorie in ihrer Strenge für so breite Seen sowohl wie für Seen mit plötzlichen Querschnittsänderungen, wie sie unser See besitzt, nicht mehr gilt."

Die Seen und Sölle Neuvorpommerns und Rügens hat A. Bellmer untersucht,[1]) doch erstrecken sich diese Untersuchungen nur auf eine Anzahl besonders typisch erscheinender Beispiele:

[1]) X. Jahresbericht d. Geogr. Ges. zu Greifswald 1907.

Während im Bereiche des eigentlichen baltischen Landrückens, in Ostholstein, in Mecklenburg, in der Uckermark, in Hinterpommern und in West- und Ostpreußen, die Seen das herrschende Element der Landschaft bilden und ihr den typischen Charakter verleihen, der in der Bezeichnung „Baltische Seenplatte" zum Ausdrucke kommt, treten sie in Vorpommern und Rügen nur in geringerer Zahl auf. Die Gründe hierfür sind in der verschiedenen geologischen Entwicklung beider Gebiete zu suchen. Im Bereiche des heutigen baltischen Landrückens wurde das Inlandeis bei seinem letzten Vorstoße durch die stauende Wirkung der in der vorhergegangenen Interglazialzeit entstandenen tektonischen, nämlich schollenförmigen Dislokationen des Grundgebirges und ältern Glazials, wesentlich gehindert. Infolgedessen gelangte das Grundmoränenmaterial hier am Rande des Ostseebeckens in beträchtlichern Massen und in ungleichmäßigerer Verteilung zum Absatze. Es entstand ein stattlicher Höhenzug, der baltische Landrücken. Aufpressungen und Stauchungen von seiten des Eises im Zusammenhange mit mannigfachen Oszillationen bei dessen Zurückweichen schufen das vielgestaltige Relief der Grund- und Endmoränenlandschaft, deren integrierender Bestandteil die zahllosen Seen sind. Unzählige wallartige Bodenwellen und kuppenförmige Hügelgruppen treten in wirrer Regellosigkeit zusammen und umschließen ebensoviele in ihren Umrissen mehr oder weniger unregelmäßig gestaltete, größere und kleinere, abflußlose Senken, die, teils wegen ihrer Lage im Grundwasserniveau, teils wegen der Undurchlässigkeit des Bodens mit Wasser oder Moorbildungen erfüllt, die vielen Seen, Sölle, Sümpfe oder Moore dieser Gegenden bilden. Anders in Vorpommern und auf Rügen. Sie gehören der nördlichen Vorstufe des baltischen Landrückens an und stellen eine wenig gegliederte, schwach undulierte Ebene dar, in welcher Stauchungen und Aufpressungen seitens des Eises keine oder eine nur untergeordnete Rolle spielten. Sie sind vielmehr Gebiete gleichmäßiger glazialer Ablagerung mit dem Charakter der Grundmoränenebene, die nur in geringem Grade, einerseits durch das Einschneiden breiter, flacher Rinnen und Täler durch die Schmelzwasser des Eises, anderseits durch aufgesetzte Gruppen von Kames und niedrigen Asrücken, sowie endlich durch eine Anzahl streifenartiger Blockanhäufungen, Produkte kurzer Stillstandslagen des Eisrandes, lokal eine etwas reichere Gliederung erfahren hat.

Nur im Südostwinkel Neuvorpommerns, im Gebiete zwischen Anklam und Wolgast, ist eine stärker kupierte Moränenlandschaft mit einer größern Zahl gesellig auftretender Seen, man könnte sie als neuvorpommersche Seenplatte bezeichnen, zur Ausbildung gelangt. Sonst sind größere Bodensenken mit Seen bei der Einförmigkeit der Oberfläche recht spärlich vorhanden. Während z. B. Mecklenburg nach E. Geinitz ca. 650 Seen aufzuweisen hat, wobei die Größenverhältnisse allerdings in weiten Grenzen schwanken, befinden sich in Neuvorpommern nur ca. 20 Seen, eine Zahl, welche sich freilich etwas erhöht, wenn man den Begriff „See" auf einige größere Sölle ausdehnt, außerdem berücksichtigt, daß ein Teil in der Postglazialzeit noch vorhandener Seen inzwischen durch Vermoorung oder künstliche Entwässerung trocken gelegt und erloschen ist. Alle Abstufungen dieses Prozesses, vom offenen See zum Sumpfe oder zur schwimmenden Pflanzendecke mit einer „Blänk" in der Mitte und schließlich zur trockenen Moorwiese treten in unserm Gebiete auf. Immerhin ist Neuvorpommern im Vergleiche zur Seenplatte als seenarm zu bezeichnen.

Dasselbe ist auch bei Rügen der Fall, trotzdem dieses Eiland mit seiner reichen Gliederung der Küstenumrisse eine nicht weniger mannigfache Gestaltung der Oberfläche verbindet. In den westlichen Teilen des eigentlichen Rügens herrscht die flache Grundmoränenebene mit aufgesetzten Asar und Kames. Im Osten, vor allem in der Granitz, ist zwar Moränenlandschaft entwickelt, doch sind die Senken derselben klein, und als See ist nur eine einzige Bodenvertiefung, der Schwarze See, anzusprechen. Einen besondern Geländetypus stellt die östliche Hälfte der Halbinsel Jasmund dar, wo „durch Verknüpfung von Tektonik des Kreidegrundgebirges mit glazialer Bodenplastik"

ein äußerst unruhiges Relief mit zahlreichen, meist abflußlosen Senken erzeugt wurde; nichts destoweniger fehlen ihm, heutzutage wenigstens, Seen bis auf wenige Vorkommen (Herthasee usw.) fast ganz. Überhaupt kommen auf Rügen nur zwölf Seen vor, von diesen sind nur fünf an die dortige Glaziallandschaft geknüpft; die übrigen gehören zur Kategorie der Strandseen.

Auch an Größe können diese Seen einen Vergleich mit denen der Seenplatte nicht bestehen. An erster Stelle steht der Borgwallsee, der mit 3.75 *qkm* schon alle übrigen bei weitem überragt. Dann folgt der Crummenhagener mit 2.3 *qkm*, darauf der Große See bei Pinnow mit 0.71 *qkm*. Daran schließen sich mit geringen Größenschwankungen die übrigen Seen; der kleinste von Bellmer untersuchte ist der Herthasee mit 0.02 *qkm*.

Mit den Arealgrößen stehen die absoluten Tiefen nicht im Einklange. So hat der dem Areale nach an der Spitze stehende Borgwallsee nur eine Maximaltiefe von 4 *m*, während der Herthasee mit 0.02 *qkm* Areal 11 *m* als größte absolute Tiefe aufzuweisen hat.

Instruktiver als diese absoluten Tiefenwerte, ist, namentlich für Vergleiche dieser Seen mit denen anderer Gebiete, die Feststellung der relativen Tiefe, d. h. des Verhältnisses zwischen der maximalen Tiefe eines Sees und der Quadratwurzel aus dem Areale der Oberfläche.

Diese relative Tiefe beträgt beispielsweise bei dem

	Areal	Maximale Tiefe	Relative Tiefe
Müritzsee (Mecklenburg	133 *qkm*	22 *m*	525 *m*
Gr. Plöner See (Holstein) ...	47 „	60 „	113 „
Höftsee (Holstein)	0.3 „	19 „	30 „
Dampensee (Hinterpommern) .	0.07 „	26 „	10 „
Borgwallsee	3.75 „	4 „	484 „
Püttersee	0,48 „	7.25 „	96 „
Großer See (Pinnow)	0.71 „	15 „	56 „
Kleiner See (Pinnow)	0.026 „	8 „	20 „
Schwarzer See (Granitz)	0.03 „	10 „	17 „
Berliner See	0.069 „	16,5 „	16 „
Herthasee	0.02 „	11 „	13 „

Die Tabelle zeigt, daß der Borgwallsee den größten Mecklenburgs, die Müritz, an relativer Tiefe überragt, dagegen hinter dem größten See Holsteins, dem Großen Plöner See, weit zurücksteht. Die kleinen Seen haben eine beträchtliche relative Tiefe.

Unter Söllen versteht man jene kleinen, teils wassererfüllten, teils von Moorbildungen eingenommenen, kreisförmigen bis ovalen Bodensenken. Ihre Verbreitung ist wie im übrigen Norddeutschland so auch hier eine äußerst ungleichmäßige, in gewissem Sinne schwarmförmige. Während z. B. auf Meßtischblatt Rostock nach E. Geinitz 760, auf Blatt Kirch-Mulsow 550 Sölle liegen, finden sich auf Blatt Greifswald nur ca. 30 Bodensenken, die den Namen „Soll" verdienen.

Was den Ursprung der Sölle anbelangt, so lassen sich die bisher aufgestellten Hypothesen wie folgt zusammenfassen:

1. Die Sölle sind ihrer Mehrzahl nach ursprüngliche, gleichzeitig mit dem Aufbaue des Bodens entstandene Formen.

2. Die Sölle sind nachträglich entstandene Bodenformen, und zwar sind sie gebildet:

a) durch Erdfälle infolge Auslaugung;
b) durch Erdfälle, bzw. Nachsacken über „totem Eise";
c) durch Evorsion.

Von einer endgültigen Stellungnahme zu diesen verschiedenen Erklärungsversuchen sieht Dr. Bellmer ab.

Der Saltonsee in Kalifornien. Nördlich vom Mündungsgebiete des Koloradostromes hat sich zu Anfange des Jahres 1906 ein Vorgang ereignet, der zur Entstehung eines neuen Sees führte. Es ist der Durchbruch des Kolorado gegen Westen und Norden, und die dadurch erfolgte Bildung eines Sees auf einem großen, unter dem Meeresspiegel liegenden, bis dahin vor Überschwemmung geschützten Gebiete. Der See führt nach einem benachbarten Städtchen den Namen Saltonsee. Er ward gespeist durch den Koloradostrom, von dem seit Frühling 1906 kein Tropfen mehr den Golf von Kalifornien erreicht. Über dieses gewaltige Ereignis lagen bisher nur wenige zuverlässige Mitteilungen vor, jetzt hat indessen Professor Dr. H. Erdmann im 2. Heft 1907 von Petermanns Mitteilungen auf Grund eigener Beobachtungen an Ort und Stelle im Herbste 1906 eine zuverlässige Darlegung der Tatsachen gegeben. Hiernach unterliegt es keinem Zweifel, daß das Unglück die Folge der Anlage eines Kanales ist, den amerikanische Ingenieure unterhalb Yuma vor etwa fünf Jahren anlegten, um zu Bewässerungszwecken einen Teil des Kolorado in das tiefere Gebiet nach Westen und Norden abzulenken. Dieses Gebiet bildete, wie Prof. Erdmann des nähern schildert, in vorgeschichtlicher Zeit einen Teil des Golfes von Kalifornien, wurde aber durch die Sedimente, die der Kolorado absetzte, allmählich vom Golfe abgeschnitten. Es entstand zunächst ein salziger Binnensee, der endlich aus Mangel an Zufluß völlig eintrocknete und eine Bodendepression hinterließ, die zu Ende des 19. Jahrhunderts auf den Karten zu 91 *m* unter dem Meeresspiegel angegeben wurde. Im nördlichen Teile dieser Salzsteppe wurde die südpacifische Eisenbahn durchgeführt, während man im Süden im alten Schwemmgebiete des Kolorado die Schaffung von Ackerbaukolonien in Angriff nahm, und Tausende von Kolonisten hier tätig wurden. Zur regelmäßigen Bewässerung dieses Gebietes wurde der oben erwähnte unheilvolle Kanal angelegt. In diesen bohrte sich der Kolorado aber mehr und mehr ein, so daß etwa seit einem Jahre seine ganze Wassermasse hierhin strömt, und der so neu entstandene Saltonsee ununterbrochen steigt. Die alte Eisenbahnlinie mußte verlegt werden, die neue ist aber auch schon bedroht und konnte, als Professor Erdmann sie im Oktober 1906 benutzte, nur noch mit Vorsicht befahren werden. Nach den von Professor Erdmann mitgeteilten Daten lag die Fläche des Saltonsees im Januar 1906 77 *m* unter dem Seespiegel, im Oktober nur noch 65 *m*, und die Oberfläche des Sees hatte sich während dieser neun Monate von 650 auf 1224 *qkm* vergrößert. Der tägliche Zufluß wird auf $40^1/_2$ Millionen Kubikmeter geschätzt. Im November 1906 gelang es nach ungeheuern Anstrengungen, den Kanal, durch den der Strom sich in das Tiefgebiet ergoß, zu schließen, aber Mitte Dezember durchbrach er von neuem die Schutzdämme, und die Überschwemmung ist wieder im Zunehmen. Professor Erdmann

hält für fraglich, ob es selbst unter Aufbietung der größten Mittel möglich sein wird, den Kolorado wieder in sein früheres Bett zu zwingen. Geschieht dies nicht, so wird nach Jahr und Tag die ganze Depression des Bodens von Wasser bedeckt, und der Golf von Kalifornien wie voreinst 250 *km* weiter nach Norden reichen.

Im Februar 1907 hat Dr. D. T. Mac Dougal im Auftrage des Desert Laboratory der Carnegie Institution (Washington) eine Studienreise ausgeführt und den Saltonsee in einem Segelboote umfahren. Der See hatte damals eine Länge von über 50 englischen Meilen und ein Areal von etwa 700 Quadratmeilen. Das wären rund 80 *km*, bzw. 1800 *qkm*, und das bedeutet, daß der See in den vier Monaten seit Anfang Oktober 1906 um ein Drittel an Flächeninhalt gewachsen ist. Obgleich der Bruch in den Ufern des Koloradoflusses, aus dem der Hauptkanal zu dem See führt, am 10. Februar 1907 geschlossen wurde, so ließen doch kleinere Kanäle und die Durchsickerung genügend Wasser zu dem See gelangen, so daß man erwarten konnte, daß sein Wasserstand im nächsten Monate unverändert bleiben würde. Man meint daher, daß in diesem Jahre die Verdunstung den Zufluß nicht um mehr als 50 Zoll (125 *cm*) übertreffen wird. Es wurden fünf Stationen angelegt, die untersuchen sollen, wie mit dem Fallen des Sees sein Becken durch Anpflanzungen der Kultur wieder zurückgewonnen werden kann. Ein zweites Becken wurde südlich vom Salton zwischen den Cucopabergen und der Hauptkette von Niederkalifornien in Mexiko mit dem Wagen durchfahren, wobei die Ufer eines Sees berührt wurden, der es teilweise füllt. Dieses Becken scheint häufigern Überflutungen aus dem Delta ausgesetzt zu sein, und 1905 bildete sich ein 50 *km* langer und 25 *km* breiter See, der jetzt auf den dritten Teil dieser Ausdehnung zusammengeschrumpft ist. Die Expedition brachte im übrigen wichtige Beobachtungen über Pflanzen- und Tierleben in salzigem Wasser, heißen Quellen und Lehmwüsten heim.[1])

Im Mai 1907 umfaßte nach einer Mitteilung von Prof. Bigelow[2]) der See eine Fläche von 45 engl. Meilen Länge und 10 bis 15 Meilen Breite, und sein Spiegel lag 205 engl. Fuß unter dem mittlern Niveau des Pacifischen Ozeans. In einem Zeitraume von 10 oder 12 Jahren wird er nach Bigelows Meinung ausgetrocknet sein. Die Tiefe betrug im Mai 1907 noch bis zu 87 Fuß. Die gegenwärtigen Verhältnisse des Sees und seiner Umgebung bieten eine besonders günstige Gelegenheit zum Studium der Verdunstung, und Prof. Bigelow hat die Anlage einer Station im See selbst zur Messung der Verdunstung vorgeschlagen. Eine von der Regierung nach Kalifornien entsandte Kommission hat eine Karte des Sees und seiner Umgebung veröffentlicht, die auf Tafel V reproduziert ist. Die Lage

[1]) Science **25**. p. 439, durch Globus p. 340.
[2]) Monthly Weather Review 1907. June. p. 311.

der vorgeschlagenen Station für Messung der Verdunstung ist durch einen Punkt mit umgebendem Ringe angezeigt.

Der Lopnor. Die Umgebung desselben, besonders die Gebiete im Osten des Sees, hat Ende 1905 Prof. Ellsworth Huntington, ein Mitglied der amerikanischen Expedition nach Ostturkestan, bereist, worüber er im „Bull. of the American Geographical Society" (1907) einen nähern Bericht erstattet hat (Übersichtsskizze auch „Geogr. Journ.", Bd. 28, S. 355). Infolge der Kälte (es war Winterszeit), der Spärlichkeit des Brennmateriales, des Wassermangels und der schlechten Gangbarkeit des Bodens war die Reise reich an Schwierigkeiten und Entbehrungen. Die ganze sandige Ebene im Osten des heutigen Sees hält Huntington für das alte Bett eines viel ausgedehntern Sees; sie wird zum großen Teile aus Salzablagerungen gebildet, ihre Oberfläche gleicht mit den festgefrorenen, 1 bis 2 Fuß hohen weißen Kämmen einem bewegten Meere. Manchmal nimmt das Salz die Form fünfseitiger Prismen von $1^1/_2$ bis $3^1/_2$ *m* Durchmesser an. Die alten chinesischen Berichte von einem grundlosen Schlamme, in dem Roß und Reiter völlig versinken, erhielten eine gewisse Bestätigung: denn die Ebene bildete gelegentlich Löcher mit feuchtem und ziemlich weichem Boden, dessen Betreten gefährlich war; einmal brach auch ein Kamel, das der Reisende ritt, durch die salzige Kruste 1 *m* tief in den weichen, schlammigen Schmutz ein und konnte nur mit Mühe herausgezogen werden. Am Nordrande des Beckens wechselte das Gelände zwischen erhöhten Halbinseln oder langen Inseln aus äolischem „Mesalehm" und Buchten und Tiefen von gleicher Ausdehnung, deren Achse überall nordöstlich oder südwestlich verlief. Die Vertiefungen sind nach Huntington vom Winde während der trockenen Periode ausgehöhlt worden, die der letzten Ausdehnung des Sees vorangeganger ist. Anderwärts ging der Marsch über eine phantastische rote Ebene (das weiche, trockene Bett einer ältern Ausdehnung des Sees) mit glitzernden, weißen Gipskristallen und spärlich besetzt von Mesas aus graurotem Lehme. Auf Hunderte von Kilometern waren die einzigen Anzeichen von Leben in der ganzen Ebene ein halb im Salz vergrabener, seit Hunderten von Jahren toter Regenpfeifer und die tief vergrabenen Wurzeln von Schilfrohr, das in dem während einer der Glazialperioden existierenden Lopnor gewachsen sein muß. Bezüglich der Geschichte des Lopnor ist Huntington zu einer zum Teile von den Ansichten Prschewalskis und Hedins abweichenden Auffassung gekommen. Danach ist der heutige Kara-Koschunsumpf der kleine Rest des großen ehemaligen Lopnor, aber zwischen dem 3. und 8. Jahrhunderte n. Chr. scheint der See die Lage gehabt zu haben, die er auf alten chinesischen Karten zeigt: etwa einen Grad nördlich vom Kara-Koschun. Bei seiner Reise rings um das Becken fand Huntington, daß es von Terrassen und Ab-

lagerungen umgeben ist, die einen Wechsel von aquatischen und subaerischen Verhältnissen zeigen, was in Verbindung mit in Turfan und Sistan beobachteten Erscheinungen nach Huntingtons Meinung andeutet, daß das Klima jüngerer geologischer Zeiträume viel veränderlicher gewesen ist, als gewöhnlich angenommen wird. Sechs verschiedene Strandlinien in verschiedenen Höhen über dem heutigen Kara-Koschun wurden gefunden. Der Wechsel der Lage des Lopnor scheint eher Änderungen im Laufe des Tarim zuzuschreiben zu sein, als daß das umgekehrte Verhältnis von Ursache und Wirkung stattgefunden habe. Im Gegensatze zu Hedin glaubt Huntington, daß in unserm Mittelalter der Lopnor entschieden größer war als jetzt; er verweist auf zwei alte Straßen, die das verlassene Ufer berühren, die zwei wasserlose Tagereisen bedeuten und kaum benutzt worden wären, wenn die heutige kürzere Route gangbar gewesen wäre.[1])

Das Wasser des Toten Meeres ist von Prof. Dr. A. Stutzer und Dr. A. Reich analysiert worden.[2]) Ein Quantum dieses Wassers hatte im März 1807 A. Goldschmidt-Düsseldorf aus dem Toten Meere entnommen. Es dürften selten Untersuchungen dieses Wassers vorgenommen worden sein; in der uns zugänglichen Literatur fanden die Verfasser nur eine Angabe von F. A. Genth, die sie zum Vergleiche nachfolgend mit erwähnen:

	In 100 *g* waren vorhanden	Angaben der ältern Analyse von Genth (Probe genommen von H. S. Osborn im Jahre 1857)
KCl	1.357	1.008
NaCl	8.788	7.583
$CaCl_2$	2.384	2.898
$MgCl_2$	8.991	10.163
$MgBr_2$	0.368	0.534
$CaSO_4$	0.141	0.099
$CaCO_3$	—	0.004
Fe_2O_3	Spur	0.008
Organische Substanz	—	0.020
Zusammen:	22.02	22.30
Spezif. Gewicht. . .	1.1546 (bei 15.7° ermittelt)	1.1823

Ein unmittelbarer Vergleich der beiden Wasserproben ist selbstverständlich unmöglich, da 50 Jahre zwischen den beiden Probenahmen verstrichen sind, es auch nicht feststeht, ob die Probenahme an gleichen Orten stattfand, und welchen Einfluß die Jahreszeit, atmosphärische Niederschläge, etwaige Zuflüsse von Süßwassern u. dergl. auf die Zusammensetzung des Wassers gehabt haben. Der Salzgehalt von 22% muß als ein recht hoher bezeichnet werden. Vergleicht man hiermit das gegenseitige Verhältnis der Salze, die in den

[1]) Globus 1907 p. 36.
[2]) Chemiker-Zeitung 1907 p. 845.

jüngern Schichten der deutschen Kaliumsalzlagerstätten vorkommen, z. B. den durchschnittlichen Gehalt des Carnallits, so findet man, daß in den untersuchten Proben des Wassers vom Toten Meere eine verhältnismäßig viel geringere Menge von Kali und von Sulfaten enthalten ist. Das Wasser des Toten Meeres ist durch den hohen Gehalt an leicht löslichen Chloriden charakterisiert.

Der Leopold II.-See. Das Gebiet dieses Sees, der durch den Mfini zum untern Kassai, dem Kwa, entwässert, hat A. J. Wauters auf einer Karte in 1 : 2 000 000 im „Mouvement géographique" vom 18. August dieses Jahres von neuem dargestellt, und zwar auf Grund von Aufnahmen der Agenten der Krondomäne, zu der das Gebiet gehört. Das Hauptergebnis dieser Reisen ist die Feststellung eines großen, von Osten her in den See mündenden Zuflusses, namens Lokoro, der der allgemeinen Stromrichtung des untern Kassai und Lukenje folgt und östlich vom 21. Längengrade seinen Ursprung nimmt. Er ist etwa 500 *km* lang. Ein anderer zum ersten Male aufgenommener östlicher Zufluß des Sees, der jedoch nicht so bedeutend ist, mündet etwas nördlicher unter dem Namen Lufoi. Ferner zeigt die Karte zwei größere nördliche Zuflüsse des Mfini: Duala und Dorua, und einen nördlichen, Luabu genannten Zufluß des Lukenje, wie der Mfini in seinem Oberlaufe, bevor er die Gewässer des Leopold II.-Sees in sich aufgenommen hat, heißt. Im Gebiete des Unterlaufes von Lokoro und Lufoi ist alles Land ein weiter Sumpf, der zur Regenzeit unpassierbar ist. In seinem Begleitworte zu der Karte bemerkt Wauters, daß ehedem die Wasserfläche des Sees zweifellos weiter nach Osten gereicht, und daß vor der Bildung der Kwaschlucht auch diese ganze, heute trockene Gegend einen Teil des Sees gebildet hat. Er entwickelt dann kurz aufs neue seine Theorie von der ehemaligen Existenz eines Kassaimeeres, als dessen letzte Reste der Leopoldsee, die Sümpfe des Lokoro und Lufoi und die Wissmann-Pool genannte breite Erweiterung des Kassai zu betrachten seien. Hier, wo heute der Wissmannpool liegt, wäre die tiefste Stelle des Kassaimeeres gewesen, dem Mfini, Kassai und Kwango aus allen Richtungen Wasser zugeführt hätten. Vom Kongo hätte dieses Inlandmeer die Hügelkette Mantere getrennt, bis sie von dem einen Ausfluß suchenden Meere durchnagt worden sei. So sei der 20 *km* lange Kwa entstanden, durch den alle Gewässer des südwestlichen und südlichen Kongobeckens ihren Weg zum Hauptstrome nehmen. An der Vertiefung und Verbreiterung dieser Schlucht arbeitet das Wasser noch heute, und in gleichem Maße, wie das geschieht, ziehe sich der Leopoldsee zusammen, der wie der Bangweolosee der ständigen Verkleinerung und Austrocknung unterliege.[1])

[1]) Globus 1907 p. 195.

Der große Moosbruch im südlichen Teile des Memeldeltas wurde von A. Klautzsch untersucht.[1]) Er umfaßt ein Areal von 15 000 *ha* und ist meist Flachmoorgebiet (früher als Niederungsmoor bezeichnet) von Wald bestanden, sonst kahles Hochmoor. Behufs Kultivierung desselben sind Nivellements ausgeführt worden, und an diese schloß sich eine Untersuchung des Aufbaues der dort lagernden Torfschichten, die A. Klautzsch ausgeführt hat. Die Oberfläche des Moores erhebt sich bis + 6 *m* über N. N. und senkt sich nach den Flüssen bis zur Höhe des Haffspiegels. Eine Reihe von Bächen bildet Senken und Rüllen. Der größte Teil des Gebietes ist Hochmoor, das allerdings durch die Kultur jetzt zum größten Teile verändert ist; nur am Rande der Flüsse und im Südostteile erlangt das Flachmoor größere Verbreitung. Als mehr oder minder schmale Zone liegt zwischen diesen beiden Gebilden und in den Rüllen Zwischenmoor. Wenn auch alle drei Moorarten der Torfbildung dienen, so sind doch die natürlichen Bedingungen ihrer Entstehung und demzufolge auch der Pflanzenbestand, wenigstens bei den beiden extremen Typen, dem Flachmoore und dem Hochmoore, recht abweichend voneinander.

Die wesentlichen Unterschiede dieser Moorarten sind die, daß das Flachmoor unter dem Einflusse eines an mineralischen Nährstoffen reichen und rein tellurischen Wassers entsteht, während bei der Bildung eines Hochmoores sehr mineralstoffarmes und sowohl tellurisches wie atmosphärisches Wasser die Hauptrolle spielt. Die Oberfläche des erstern ist flach; seine jüngsten Bildungen liegen zentral; die Oberfläche des Hochmoores dagegen ist gewölbt; sein Wachstum erfolgt zentrifugal, so daß die ältesten Partien in der Mitte liegen. Die das Flachmoor zusammensetzenden Pflanzen bestehen vorwiegend aus Glumifloren, besonders Cyperaceen, weniger Gramineen und Juncaceen, untermischt mit zahlreichen dikotylen Stauden; von Holzpflanzen finden sich besonders Alnus, Betula und Frangula. Die Bulte werden besonders von Carices gebildet; unter den Laubmoosen überwiegen die Hypneen. — Die Hauptbestandmassen des Hochmoores hingegen sind die Torfmoose oder Sphagnen; selten sind die Arten der Klasse Bryales, wie Polytrichum, Bryum, Hypnum. Ferner finden sich zahlreiche Ericaceen, von Holzpflanzen fast nur Pinus silvestris und Betula. Die Bulte bestehen hauptsächlich aus Sphagnen oder Eriophorum oder Scirpus caespitosus. Das Zwischenmoor repräsentiert eine typische Mischflora jener beiden Bestände. Neben den Sphagnen treten reichlicher andere Moose auf; größere Bestände von Carices und Schilf, Aspidiumarten und Menyanthes trifoliata mischen sich dazwischen, und gegenüber der Kiefer tritt die Birke mehr in den Vordergrund.

Die lebenden Bestände gehen ganz allmählich in den Torf über. Von diesem lassen sich je nach der einstigen Vegetationsform drei

[1]) Jahrbuch d. K. Preuß. Geolog. Landesanstalt **27.** p. 230.

Arten unterscheiden, die wiederum in verschiedener Weise ausgebildet sein können. Der Flachmoortorf, der sich in Flachmoorgrastorf und Bruchwaldtorf gliedert, ist dunkelbraun, wird beim Liegen an der Luft schnell schwarz, ist infolge mineralischer Beimengungen schwer und meist völlig zersetzt, so daß er nur noch wenig von den ursprünglichen Pflanzen erkennen läßt. Der Zwischenmoortorf, der geologisch nicht scharf abgegrenzt werden kann, wird unterschieden in den ältern Übergangswaldtorf und den jüngern Übergangsgrastorf oder Übergangsseggentorf, der in zwei verschiedenen Formen: als Übergangsschilftorf und Übergangs-Scheuchzeriagrastorf auftritt. Im Vergleiche mit dem Flachmoortorfe erscheint der Zwischenmoortorf weit leichter und heller, wenn er sich auch bei längerem Liegen an der Luft dunkel bis schwarz färbt. Die pflanzlichen Reste sind in ihm weniger zersetzt und leicht erkennbar. Der eigentliche Hochmoortorf ist fast noch ganz unzersetzt, so daß die pflanzlichen Reste gut erkennbar sind; er ist sehr leicht, von gelber bis bräunlicher Farbe und wird auch bei längerem Liegen an der Luft nicht schwarz.

Der Flachmoortorf erscheint im Großen Moosbruch überall als die älteste Bildung. Er unterlagert im Zwischenmoore den Zwischenmoortorf fast allerorts und bildet teilweise auch das Liegendste in den Bildungen des Hochmoores. Seine größte Mächtigkeit beträgt etwa 6 *m*. Die nächstjüngere Bildung ist der Zwischenmoortorf, der nahezu die gleiche größte Mächtigkeit erreicht. Die jüngste Torfart endlich, der Hochmoortorf, kommt bis auf eine Mächtigkeit von 9,8 *m* (durchschnittlich 3.5 bis 5 *m*).

Innerhalb des Hochmoortorfes oder an seiner untern Grenze wurden vielfach wässerige Schichten von mehrern Metern Stärke angetroffen. Die bei der Zersetzung der Pflanzen sich entwickelnden Gase sammeln sich vielerorts unter der festen Moostorfschicht an und entweichen beim Bohren unter starkem Geräusche. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen, die C. A. Weber im Hochmoore von Augstumal im Memeldelta gemacht hat, konnte auch Klautzsch feststellen, daß diese Gase nicht brennen; im wesentlichen dürften sie aus Kohlensäure bestehen.

Ein tropisches Moor mit Torfboden. Solche echte Moore kommen in den Tropen nur ausnahmsweise vor oder sind doch nur vereinzelt bekannt. Dr. S. H. Koorders beschreibt nun ein solches aus Sumatra.[1]) Es befindet sich in der heißen Ebene des flachen, östlichen Teiles der genannten Insel, und zwar an dem linken, nördlichen Ufer des Kamparflusses, in einer Entfernung von mehr als 90 Kilometern von der Meeresküste.

Die Oberfläche darf auf mehr als 80 000 *ha* veranschlagt werden.

---

[1]) Potoniés Wochenschrift 1907. Nr. 42 p. 657.

Die Durchquerung der 12 *km* breiten Strecke forderte drei außergewöhnlich anstrengende Marschtage. Zwei Nächte, am 20. zum 21. und 21. zum 22. März (1891) wurde in der Mitte des Moores biwakiert. An diesen Biwaks fand sich mittels eines mehr als 6 *m* langen, am untern Ende mit einem Messer eingeschlitzten Stockes, daß dort bis über 6 *m* der Boden frei war von anorganischen Bestandteilen und nur aus einem schwarzbraunen, aus organischen Resten bestehenden Schlamme, also aus echtem Humus, zusammengesetzt war. Die wirkliche Mächtigkeit des Humus war mangels eines Bohrapparates nicht festzustellen. Bei den beiden Biwaks wurde nur stagnierendes Süßwasser beobachtet von dunkelbrauner Färbung und von sehr schwach adstringierendem Geschmacke, mitunter sehr schwach bitter, immer fast geruchlos und immer schön durchsichtig, ohne Trübung. Der Gebrauch dieses wie starker, klarer Tee aussehenden Wassers zeigte sogar auch ungekocht bei keinem der mehr als 250 Personen starken Expeditionskolonne auch nur die geringsten Nachteile.

Das Betreten dieses Moores war nur dadurch möglich, daß es überall mit einem Walde bestanden war, dessen Wurzeln die ganze Oberfläche mit einem dichten Netze bedeckten. Große Schwierigkeiten wurden bei dem Marsche dadurch verursacht, daß die meisten Baumspezies von zahllosen, aufrecht wachsenden, entweder dünnkegelförmigen, geraden oder dünnzylindrischen und später sich knieförmig oben umbiegenden Atemwurzeln (sogenannten aerotropischen Wurzeln oder Pneumatophoren) umgeben waren. Diese aufrechtwachsenden Atemwurzeln erhoben sich in einer Höhe von etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ *m* oberhalb der stagnierenden Wasserfläche. Sie besaßen meist nur 2 bis 4, seltener 6 bis 10 *cm* im Durchmesser. Die Oberfläche der erwähnten Kniewurzeln war in Übereinstimmung mit ihrer Atemfunktion ohne Ausnahme dicht mit großen, kräftig funktionierenden, durch die weiße Farbe auffallenden Lenticellen bedeckt.

Dieser Moorwald besteht vorwiegend aus sehr eng zusammenstehenden, 25 bis 35 *m* hohen, immergrünen Bäumen, mit glatten, auffallend geraden Stämmen, welche erst sehr weit oben unregelmäßig verzweigt sind und eine ziemlich dichte, aber nur wenig breite, kleine Krone besitzen. Das Unterholz besteht hauptsächlich aus kerzengeraden Bäumchen, derselben Baumspezies, welche den Hochwald zusammensetzen, aus den Familien der Guttiferae, Burseraceae, Meliaceae, Myristicaceae, Myrtaceae und Euphorbiaceae. Diese Bäumchen zeichnen sich, als Folge des Halbdunkels, in welchem sie vermutlich viele Jahrzehnte ihr Leben fristen müssen, dadurch aus, daß die kerzengeraden Stämmchen nur an ihrer äußersten Spitze eine auffallend kleine, schlecht belaubte Krone tragen.

Unter den höchsten Waldbäumen dieses Flachmoorwaldes fehlten Gymnospermen und Monokotyledonen vollständig, und der Haupt-

bestand war ausschließlich aus Dikotylen zusammengesetzt, und zwar aus Repräsentanten solcher Familien, die in dem Malaischen Archipel das Hauptkontingent bilden in immergrünen, hochstämmigen, häufig aus 500 bis 600 Baumarten bestehenden Mischurwäldern, wie dieselben in der heißen Ebene dort auf fruchtbaren (sauerstoffreichen, frischen) Böden charakteristisch sind, und nicht nur auf Sumatra, sondern auch auf Java und Nordcelebes vorkommen.

Glazialphysik.

Glazialgeologische Untersuchungen in den Liptauer Alpen sind von Dr. Roman Lucerna ausgeführt worden,[1]) und zwar in dem Gebiete, welches vom Jalovec- und Belabache in Westen und Osten und von der Waag in Süden eingefaßt wird.

Das Bild der Vergletscherung zur letzten Eiszeit war demnach dieses: Im Südwesten blieben die Gletscher im Gebirge; vom Ternovectale an waren die östlichen Täler mit Eis bis zum Ausgange erfüllt, so daß die Zungen des Račkova-, Bystra- und Kamenistagletschers den Gebirgsfuß um ein weniges überschritten. Der Hlin- und Tomanovagletscher der Ostseite endeten kurz vor dem Tychatale. Der Kościelisko- und Czarny-Dunajec-Gletscher durchbrachen, wie bekannt, die vorgelagerte Kalkzone nicht. Auffällig ist die starke Vergletscherung im Nordwesten. Das Latanatal hatte einen zusammengesetzten Gletscher von 2.75 *km* Länge, obwohl die höchsten Punkte des alten Firnbeckens heute nur 1879 *m* und 1694 *m* betragen. Daß das Rohačtal einen der ansehnlichsten Eisströme der Gruppe geborgen hat, durfte erwartet werden. Er hinterließ eine prächtige Endmoränenlandschaft von neun gesonderten Wällen, eine über 100 *m* hohe linke Seitenmoräne und eine gestufte Verbauung des Latanatales. Auch die folgenden Gräben führten Gletscher mit relativ mächtigen Endmoränen. Ein interessanter Punkt ist die Palenica. Dieser Sattel wurde vom Eise des östlich benachbarten Tales überflossen. Drei ineinandergeschaltete Endmoränen von tadellosem Erhaltungszustande geben Zeugnis von dieser Gletscherbifurkation. Die postglazialen Gletscher vermochten den Sattel nicht mehr zu überschreiten. Diese Stelle liegt unweit von jenem merkwürdigen, von Prof. Uhlig abgebildeten Nummulitenkalkriffe, welches, wie Kerben auf den Nachbarkämmen in gleicher Höhe anzeigen, wohl die Lage einer, vielleicht der höchsten eozänen Strandlinie in der Tatra anzeigt.

Taleinwärts von den Endmoränen der Würmeiszeit findet man überall die Moränen des Bühlstadiums. Die Moränen des Gschnitzstadiums liegen bereits in den Karen. Sie wurden in einigen Profilen nachgewiesen, im übrigen in den meisten Karen gesichtet. Das Daunstadium hat in der Gruppe nur in Form von Schneehaldenschuttwällen und Schutthalden Vertretung gefunden.

Die Schneegrenze lag zur Zeit des Daunstadiums bereits zu hoch, aber noch teilweise unter der Kammlinie. Die Schneegrenze der Würmeiszeit lag —wie Verf. vorläufig nur schätzungsweise angibt — eher unter als über 1500 *m*.

Auch die Stadien haben Schotter hinterlassen, die zum Unterschiede von den eiszeitlichen nicht nur außerhalb, sondern auch innerhalb der tiefsten Endmoränen liegen. Diese alluvialen Schotter lassen entsprechend der Anzahl der Stadien eine Dreigliederung erkennen. Das unterste Glied ist jedoch nur selten und dann in sehr kleinen Flächenstücken nachweisbar. Die Selbständigkeit dieser Schotter gegenüber den eiszeitlichen, sowie untereinander, ist an mehrern Stellen an Eozänausstrichen ersichtlich.

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1907. Nr. 19. p. 351.

Die Formen der glazialen Erosion treten mit genügender Schärfe auf, um das durch die glazialen Ablagerungen gewonnene Bild zu vervollständigen. Als charakteristisch kann folgendes gelten: Felswände treten im Granite fast nur in Karen und Trögen auf; der Anlaß zur Bildung von Felswänden ist hier fast ausschließlich durch die Vergletscherung gegeben. Anderseits ist es beachtenswert, daß die kleinen, den niedrigsten Höhen entströmenden Gletscher es zu keiner nennenswerten Karbildung gebracht haben. Entweder ist die Karnische rudimentär, oder sie fehlt fast ganz. Weiter ist nicht unwesentlich, daß in den ziemlich einfach gebauten Tälern der Gruppe Stufen im Längsprofile zurücktreten, während sie natürlich im Querprofile, wo Tröge auftreten, häufig sind.

Das Studium der Talgehänge zeitigte nur allgemein übereinstimmende Wahrnehmungen, welche für die Talgeschichte des Gebirges folgendes wahrscheinlich machen:

Seit der ersten Anlage der heutigen Gebirgsgliederung hat man mindestens fünf gesonderte Abschnitte der Talbildung zu unterscheiden, die sämtlich — und zwar die zwei ältesten in den obern Partien der Kämme, die drei jüngern (die als glaziale gedeutet wurden) in den untern Partien der Kämme und Talgehänge — ihre Spuren hinterlassen. haben.

Die Eiszeit Südamerikas. Hierüber verbreitete sich auf Grund eigener Forschungen Prof. Steinmann.[1]) Hiernach finden sich Spuren der Eiszeit in dem ganzen Gebirgszuge von Kap Horn bis zur Sierra Nevada de Santa Marta. Sie sind dort als glaziale Bildungen genau in der nämlichen Weise entwickelt, wie in den gut studierten Teilen der nördlichen Halbkugel; wo sich Inlandeis heruntersenkte, wie im Magelhäesgebiete, entsprechen sie denen Norddeutschlands oder des nordamerikanischen Seegebietes; wo sich das Eis in tiefen Tälern ins Meer senkte, wie im patagonischen Archipel, den Fjordgebieten Norwegens und Alaskas; im mittlern Patagonien und Südchile weist die Kordillere Randseen alpinen Charakters, umgrenzt von Endmoränen, auf, und im trockenen Hochgebirge Bolivias finden sich ungeheuere Endmoränenwälle, hier erscheint der Typus des Moränenamphitheaters von Ivrea. Auch der Erhaltungszustand ist der gleiche in Südamerika wie auf der Nordhalbkugel, so daß daraus ernste Bedenken gegen eine abwechselnde Vereisung der beiden Halbkugeln abgeleitet werden müssen, und die südamerikanische „Glazialzeit" der europäischen und nordamerikanischen als gleichalterig angenommen werden kann. Die fluvioglazialen Bildungen drängen zur Annahme einer Mehrheit von Eiszeiten; es sind in Südamerika auch drei Schotter festgestellt worden, unsern „drei Terrassen" entsprechend, von denen der älteste abweichendes petrographisches Verhalten und tektonische Störungen aufweist; er ist von Steinmann als Jujuyschicht bezeichnet worden. Limnoglaziale Bildungen treten hauptsächlich als Kalktuffe auf; in ihnen fand sich merkwürdigerweise an einer Stelle der „Tinolith", der auch aus dem Mono- und Lahontansee Nordamerikas bekannt ist. Als äologlaziale Bildung werden die Pampaslehme bezeichnet, die unsern Lößen in Auftreten, Gliederung und Verband mit den übrigen

[1]) Bericht d. Deutschen Geolog. Ges. 1906. Nr. 8 bis 10.

Glazialbildungen so entsprechen, daß die Übereinstimmung unerklärlich wäre, wenn man nicht für die Löße Argentiniens und des Rheingebietes gleiche und gleichzeitige Entstehung annimmt. Da sich also diese Absätze und Erscheinungen ohne Zwang mit denen auf der Nordhalbkugel parallelisieren lassen, wird man gut tun, auf alle Erklärungsversuche für Eiszeiten zu verzichten, die nicht allgemeiner Natur sind. Die ältesten sichern Spuren des Menschen reichen in Südamerika zurück bis zu den jüngsten Schichten des ältern Löß.[1])

Lufttemperatur.

Die Erforschung der hohen Atmosphäre in der arktischen Zone. Die auf Kosten des Fürsten von Monaco unter Leitung von Prof. Hergesell ausgeführten Untersuchungen der Atmosphäre über dem Atlantischen Ozeane mit Hilfe von Ballon- und Drachenaufstiegen hat im Juli bis September 1906 zu bemerkenswerten Ergebnissen geführt. Prof. Hergesell lieferte darüber einen kurzen Bericht an die Pariser Akademie.[2]) Während jener Sommermonate fand sich eine langsame Temperaturabnahme in allen erreichten Höhen (bis 7830 *m*), von im Mittel 0.48° pro 100 *m* Höhenzunahme. Diese wird veranlaßt durch zahlreiche Schichten gleichbleibender Wärme (Isothermien) und Temperaturzunahmen mit der Höhe (Inversionen), die zwischen Luftschichten von veränderlicher Dicke auftreten, in denen die Temperaturabnahme regelmäßig ist und bis 1° pro 100 *m* erreicht. Die von den Thermographen aufgezeichneten Kurven unterscheiden sich daher vollkommen von denen, die über dem atlantischen Ozeane erhalten wurden. Sie nähern sich mit ihrem zackigen Aussehen den Kurven starker Inversion, die zum ersten Male über Europa von Teisserenc de Bort und Aßmann ermittelt wurden, und die Hergesell über dem Atlantic in einer Höhe von 11 000 *m* wiedergefunden hat.

Unmittelbar über dem Meere findet sich oft, aber nicht immer, eine Schicht, in der die Temperaturabnahme rasch und fast adiabatisch ist, die Feuchtigkeit hingegen zunimmt, und die in ihrem obern Teile oft eine Wolkenschicht trägt. Darüber erreicht die Feuchtigkeit schnell 40 bis 60% und bleibt so mit kleinen Schwankungen, die den verschiedenen Wärmeschichten entsprechen.

Am 16. Juli wurde oberhalb 7000 *m* eine Inversion gefunden, die vielleicht im Zusammenhange stand mit der verhältnismäßig warmen Schicht, die in südlichern Breiten in 11 000 *m* angetroffen wurde. Wie dem aber auch sei, aus dem kleinen Wärmegradienten folgt, daß die arktische Atmosphäre im Sommer relativ warm ist, offenbar infolge des Einflusses, den die ununterbrochene Sonnenstrahlung dort auf die Atmosphäre ausübt.

[1]) Globus 1907 Nr. 6.
[2]) Compt. rend. 1907. **144**. p. 1187.

Die Drachenaufstiege haben an der Küste von Spitzbergen und in den zahlreichen Buchten daselbst das Vorherrschen starker lokaler Luftströmungen nachgewiesen, die beim Entfernen vom Lande verschwinden und nur eine Höhe von einigen hundert Metern erreichen. Innerhalb dieser Schicht war die Temperaturabnahme eine starke, fast adiabatische, und die Feuchtigkeit stieg auf 100%. Darüber fand sich entweder ein viel kleinerer thermischer Gradient oder Isothermie oder eine Inversion, während die Feuchtigkeit schnell sank. Wie überall waren diese lokalen Winde veranlaßt durch die Temperaturdifferenz zwischen Land und Meer. Der Charakter der Landbrisen beweist, daß das mit Gletschern bedeckte Innere Spitzbergens stets kälter ist als die dasselbe bespülenden Wässer des Golfstromes.

Durch Visieren der kleinen Kautschukballons konnten die Luftströmungen oberhalb des Polarmeeres bis in große Höhen verfolgt werden. Es ergab sich daraus, daß die Windgeschwindigkeit mit der Höhe schnell zunimmt. Über den lokalen Winden fand sich eine stagnierende Schicht, auf welche dann die Strömungen des allgemeinen Kreislaufes folgten. In 10 000 *m* Höhe hatte der Wind fast immer eine Geschwindigkeit von 15 bis 20 *m*, zuweilen sogar von 30 *m* in der Sekunde. Diese heftigen Winde hatten eine W-Komponente, während die Strömungen mit O-Komponente in großen Höhen am schwächsten waren. Die Richtung der Winde wechselte während der Beobachtungen so sehr, daß es unmöglich war, eine vorherrschende Richtung festzustellen. Die Luft kam ebenso oft vom Pole, als sie zu ihm hinwehte. Da die beobachteten Strömungen zweifellos einem großen Polarwirbel angehören, scheinen nach Hergesell diese Beobachtungen zu beweisen, daß das Zentrum des letztern oft den Ort wechselt und das ganze arktische Becken durchläuft.

Die Temperaturabnahmen bis zu den größten bis jetzt erreichten Höhen. Ein in Straßburg am 3. August aufgelassener Registrierballon hat die bis jetzt größte Höhe von 25 800 *m* erreicht und bis zu dieser Temperatur und Luftfeuchtigkeit registriert.[1]) Es findet sich aus diesen Angaben

Höhe in Metern	Temperatur
140	+16.8
1 640	+14.2
3 710	+ 3.7
4 120	+ 3.4
5 130	+ 0.1
14 490	—62.7
15 000	—58.0
19 000	—49.4
22 000	—47.3
25 800	—40.0

[1]) Veröffentl. d. internat. Kommission f. Luftschiffahrt 1905. 8. Heft.

Hieraus ergibt sich das Vorhandensein der wärmern Luftschicht in den höchsten Höhen der Atmosphäre, die auch bei andern Luftballonaufstiegen bereits beobachtet worden ist. In 14 490 *m* Höhe erreichte die Temperatur ihren tiefsten Punkt, darüber hinaus stieg sie wieder beständig, wenn auch nicht regelmäßig, und war nach 11 400 *m* weiterm Steigen um 17.3° gestiegen. Man erhält hierdurch zum ersten Male eine Vorstellung von der großen Mächtigkeit der obern warmen Luftschicht, von der man bisher keine Ahnung hatte. Die relative Feuchtigkeit, die am Boden 88% betrug, erreichte ihr Minimum mit 29% schon in 4950 *m* Höhe; sie stieg dann bis 7000 *m* Höhe wieder auf 45% und blieb von 10 000 *m* Höhe an mit 37 bis 42% nahezu konstant.

Die Temperaturverteilung mit zunehmender Höhe in der Atmosphäre. H. G. van de Sande Bakhuyzen hat die Aufzeichnungen von Sondierballons in Helder an 182 Tagen untersucht. Er findet für die Mittelwerte der Temperatur in den Höhen zwischen 0 und 16 *km* folgende Zahlen in Zentigraden

	Winter		Frühling		Sommer		Herbst		Jahr	
Höhe	t	Diff.	t	Diff.	t	Diff.	t	Diff.	t	Diff.
km	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	— 1.9		+ 5.1		+14.7		+ 7.9		+ 6.4	
		+1.2		—3.6		—2.8		+0.6		—1.1
1	— 0.7		+ 1.5		+11.9		+ 8.5		+ 5.3	
		—4.2		—5.4		—4.3		—3.2		—4.3
2	— 4.9		— 3.9		+ 7.6		+ 5.3		+ 1.0	
		—5.2		—4.9		—4.4		—4.6		—4.8
3	—10.1		— 8.8		+ 3.2		+ 0.7		— 3.8	
		—5.4		—5.8		—5.4		—5.6		—5.5
4	—15.5		—14.6		— 2.2		— 4.9		— 9.3	
		—5.8		—6.7		—5.9		—6.1		—6.1
5	—21.3		—21.3		— 8.1		—11.0		—15.4	
		—6.0		—6.7		—6.0		—6.9		—6.4
6	—27.3		—28.0		—14.1		—17.9		—21.8	
		—6.2		—6.9		—6.6		—7.2		—6.7
7	—33.5		—34.9		—20.7		—25.1		—28.5	
		—6.8		—7.3		—7.3		—7.7		—7.3
8	—40.3		—42.2		—28.0		—32.8		—35.8	
		—7.3		—6.9		—7.6		—7.6		—7.4
9	—47.6		—49.1		—35.6		—40.4		—43.2	
		—6.4		—5.4		—7.2		—6.9		—6.4
10	—54.0		—54.5		—42.8		—47.3		—49.6	
		—4.9		—2.5		—6.8		—6.1		—5.1
11	—58.9		—57.0		—49.6		—53.4		—54.7	
		—2.1		—1.0		—4.0		—2.0		—2.3
12	—61.0		—58.0		—53.6		—55.4		—57.0	
		—1.0		—1.0		—1.0		—1.0		—1.0
13	—62.0		—59.0		—54.6		—56.4		—58.0	
		—0.6		—0.6		—0.6		—0.6		—0.6
14	—62.6		—59.6		—55.2		—57.0		—58.6	
		—0.4		—0.4		—0.4		—0.4		—0.4
15	—63.0		—60.0		—55.6		—57.4		—59.0	
		—0.2		—0.2		—0.2		—0.2		—0.2
16	—63.2		—60.2		—55.8		—57.6		—59.2	

Temperaturanomalien in den hohen Luftschichten im November 1906. Der November 1906 zeichnete sich durch ungewöhnliche Wärme aus, und Prof. Köppen von der Deutschen Seewarte macht jetzt die Mitteilung,[1]) daß die Temperaturverhältnisse in den größern Höhen der Atmosphäre noch viel abnormer waren und überhaupt eine Erscheinung von größter Seltsamkeit darstellen. Er schreibt:

„Die täglich, soweit es der Wind gestattete, ausgeführten hohen Drachenaufstiege mit meteorologischen Registrierapparaten

[1]) Meteorol. Ztschr. 1907. p. 37.

in Großborstel bei Hamburg und in Lindenberg, südöstlich von Berlin, beweisen dies. Kaum ein Tag verging, daß nicht auf der Drachenstation der Seewarte der von den Drachen emporgetragene Apparat die Kunde herabbrachte, daß die normale Abnahme der Temperatur mit wachsender Höhe gestört und in irgend einem Niveau ersetzt war durch eine plötzliche Zunahme der Wärme nach oben.

Die hervorragendsten unter diesen Erscheinungen waren die vom 8., 23. und 24. November; im Oktober tritt ihnen der 11. ebenbürtig zur Seite. Die Lufttemperatur war in diesen Aufstiegen über Hamburg und Berlin — wie wir der Einfachheit wegen statt Großborstel und Lindenberg sagen wollen — wie folgt

			am Boden	in der warmen Schicht				
11. Oktober	bei	Hamburg*	6.5°	17.8°	in	940 *m*	über	d. Meere
	„	Berlin**	4.4	14.1	„	1500 „	„	„
8. November	„	Hamburg	8.7	14.1	„	810 „	„	„
	„	Berlin	6.9	16.2	„	430 „	„	„
23. November	„	Hamburg	10.5	14.4	„	1140 „	„	„
	„	Berlin	10.3	10.7	„	2000 „	„	„
24. November	„	Hamburg	7.8	14.7	„	860 „	„	„
	„	Berlin	3.7	15.7	„	1310 „	„	„

* 17 *m* über Meer. ** 122 *m* über Meer.

Normalerweise hätte die Temperatur in dieser Jahreszeit um etwas mehr als 0.4° für jede 100 *m* Erhebung abnehmen sollen.

Berücksichtigen wir dies, so erhalten wir in den drei Novembertagen, wo die Temperatur auch unten viel zu hoch für die Jahreszeit war, für die warme obere Schicht ganz ungeheuerliche Abweichungen von der normalen Temperatur in dieser Höhenlage. Die Berechnung dieser Abweichungen bietet allerdings einige Unsicherheiten, weil die Normalwerte für den Ort, die Höhenlage, die Jahreszeit und die Tagesstunde erst annähernd berechnet werden müssen und für Lindenberg auch diejenigen für die unterste Luftschicht noch nicht vorliegen. Allein die Abweichungen sind so groß, daß diese geringe Unsicherheit am Wesen der Sache nichts ändern kann.

Abweichungen vom Normalwerte:

	unten		in der warmen Luftschicht	
	bei Hamburg	bei Berlin	bei Hamburg	bei Berlin
8. November . . .	+5.2°	+ 4.7°	+13.8°	+12.2°
23. „ . . .	+8.5	+10.2	+17.0	+18.2
24. „ . . .	+6.8	+ 3.7	+ 3.7	+20.4

Am letzten Tage hätte also die Temperatur in der Höhe von 1310 *m* über dem Boden am Aeronautischen Observatorium Lindenberg etwa —5° betragen müssen, während sie tatsächlich fast +16° war. Eine Temperaturabweichung von $+20^1/_2°$ ist in Mitteleuropa wohl noch nie zur Beobachtung gekommen und kommt

im Tieflande auch tatsächlich wohl nicht vor, nicht einmal bei Föhnsturm in Alpentälern. Selbst bei negativen Abweichungen, die bekanntlich in Europa im Winter extremer sind als die positiven, bezeichnet die obige Zahl die äußerste, in der Erfahrung vorkommende Grenze. Diese Grenze wurde in Thüringen am 20. Januar 1885 annähernd erreicht, als um 8 Uhr vormittags die Temperatur in Erfurt (196 *m* über dem Meere) auf —22.2° sank, gegen etwa —2.0° als Normalwert. Auf dem Inselsberge, in 906 *m* Höhe, war gleichzeitig die Lufttemperatur —3.1°, etwa 3° über normal (vergl. Assmann, Das Wetter 2. 47).

Während im letztern Falle die Ausstrahlung einer Schneeoberfläche gegen heitern Himmel und das Hinabgleiten der erkalteten Luft in die Täler wohl mit Recht als das entscheidende Moment beim Zustandekommen der anormalen Temperaturverteilung angesehen wird, fällt diese Erklärung bei den Erscheinungen dieses Herbstes in Norddeutschland fort.[1])

Die Verwandtschaft dieser Erscheinungen mit dem Föhn verrät sich indessen auch durch die außerordentliche Trockenheit der warmen Luft. Am 8. November war diese noch mäßig: in Hamburg 31%, in Lindenberg 58% Feuchtigkeit. Aber am 23. und 24. dieses Monates und ebenso am 11. Oktober sanken die Angaben des Hygrometers in großen Höhen auf beiden Stationen unter 10%, ja selbst auf 0%, so daß die Höhenluft anscheinend gar keinen Wasserdampf enthielt. Es ist zwar wahrscheinlich, daß die Angaben des Haarhygrometers unter so extremen Bedingungen und namentlich bei so schneller Änderung der Feuchtigkeit der umgebenden Luft nicht ganz richtig sind; aber der Fehler wird doch nur einige Prozente betragen und ändert an der Tatsache der phänomenalen Trockenheit nichts. Diese selbst für Wüsten ganz extremen Trockenheitsgrade sind zudem bei Drachenaufstiegen aus Höhen oberhalb 1000 *m* schon so oft als Begleiter von Temperaturumkehrungen aufgezeichnet, daß man sie schon, so groß die anfängliche Verwunderung darüber auch war — allmählich als eine regelmäßige Erscheinung gewohnt wird. Und das über dem nassen Hamburg gar nicht weniger als über der immerhin trockenern Mark Brandenburg! Dabei lag an den drei Novembertagen eine wenig unterbrochene, niedrige Wolkendecke

[1]) Nachstehend folgen nach einer zusätzlichen Bemerkung von Prof. Hann einige der größten positiven und negativen Temperaturabweichungen in Österreich.

Bludenz (bei Föhn)	1. Febr. 1869: 7h	+16.3°, 2h	+18.0°
	25. Nov. 1870: 2p	+18.7	
Ischl	8. Nov. 1906: 7h	+18.9	
Wien	16. Jan. 1893: 9p	—20.0	Abweichung!
	9. Dez. 1879: 7a	—19.0	„
	23. Jan. 1850: 8a	—21.5	„

Das Minimum in der Nacht war noch 1.5° tiefer (wenn das Thermometer keine erhebliche Korrektur hatte), daher Abweichung wohl —22 bis 23°.

über Deutschland, und die Luft war am Erdboden von Feuchtigkeit gesättigt; auch am 11. Oktober, wo der Himmel wolkenlos war, wurden am Boden bei dem Aufstiege 85 bis 87% Luftfeuchtigkeit beobachtet.

Schon die Temperatur der warmen Schicht zwingt uns, da so hohe Wärmegrade im weiten Umkreise nicht beobachtet sind, zur Erklärung, die Entstehung der Wärme am Orte selbst durch „Föhnwirkung", d. h. durch Erwärmung einer rasch herabsinkenden, schon ursprünglich relativ warmen Luftmasse durch die das Sinken begleitende Zunahme des Luftdruckes heranzuziehen. Durch die Trockenheit der Luft erhält diese Erklärung eine weitere starke Stütze. Dennoch behält sie sehr viel Rätselhaftes an sich. Wie kommt diese starke absteigende Bewegung zustande? Wie wird ihr plötzliches Aufhören einige hundert Meter über dem Boden mit scharfer Abgrenzung gegen die untere kältere Luft bedingt? Unterhalb der Temperaturumkehrung finden wir einige hundert oder auch über tausend Meter weit eine regelmäßige Temperaturabnahme mit der Höhe, besonders in Hamburg. Auch die Herkunft der obern Luft, die zwar erst beim Herabsinken so extreme Wärmegrade erreicht, aber doch auch in größern Höhen relativ warm sich zeigt, ist durchaus nicht immer leicht zu erklären.

Die Wetterlage über Europa war an diesen Tagen sehr verschieden. Am 23. und 24. November befanden sich Hamburg und Berlin am Rande eines Hochdruckgebietes mit sehr hohem Barometerstande und westlichen Winden, am 8. November dagegen mit östlichen Winden am Nordostrande einer Depression, die dann weiter nach der Ostsee fortschritt; am 11. Oktober wiederum am Westrande eines Gebietes hohen Druckes, das sich nach Osten zurückzog.

Überhaupt ist der Zusammenhang mit den Erscheinungen am Erdboden, den man doch ohne allen Zweifel annehmen muß, noch wenig zu erkennen. So blieb die Temperatur am Erdboden noch eine Reihe von Tagen gleichmäßig hoch, während sie in 1000 *m* Höhe am 26., wo die Temperaturumkehrung höher gerückt und schwächer geworden war, um fast 13° niedriger war als am 24. Auch eine Prognose war dieser starken Änderung nicht zu entnehmen, denn am 28. war die Druckverteilung über Mittel- und Westeuropa fast dieselbe wie am 26., nur bei weniger hohem Druck.

Die Größe der nächtlichen Ausstrahlung in Wien haben Dr. R. Schneider und J. Krčmár gemessen.[1]) Diese Messungen der Ausstrahlung wurden mit einem Kompensationsaktinometer von Knut Angström angestellt. Es wurden in acht Nächten ca. 300 Beobachtungen gemacht, um außer den absoluten Werten auch die Änderungen der Ausstrahlung kennen zu lernen.

[1]) Wiener Anz. d. K. K. Akad. d. Wiss. 1907. p. 125.

Die Resultate können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

1. Die nächtliche Ausstrahlung erreicht im September zwischen 9 und 10 Uhr nachmittags ihr Maximum.

2. Der Aufstieg der Ausstrahlung gegen die Zeit des Maximums sowie der Abfall derselben vor Sonnenaufgang ist ziemlich steil.

3. Im Mittel aus drei klaren Nächten strahlt eine horizontale Fläche von 1 *qcm* in der Zeit von 8 Uhr nachmittags bis $3^3/_4$ Uhr vormittags 71 Grammkalorien aus.

4. Für die Strahlung der nicht erleuchteten Atmosphäre ergibt sich der Betrag von 0.37 Grammkalorien pro Quadratzentimeter und Minute.

Die mittlere Dauer des Frostes auf der Erde. Hierüber hat O. Dorscheid eine umfassende Untersuchung veröffentlicht.[1]) Bei dem Mangel an Beobachtungsmaterial hat er sich dabei zum Ausgleich einer von Hann früher vorgeschlagenen graphischen Methode bedient, die hinreichend zuverlässige Ergebnisse lieferte, um danach eine Karte der Frostverteilung auf der Erde zu entwerfen. Da diese Karte nicht die Verhältnisse zeigen soll, wie sie in einem idealen, einheitlichen Niveau vorhanden sind, sondern ein Bild der wirklichen Verbreitung dieses Phänomens darstellen soll, war es notwendig, festzustellen, in welcher Weise die Seehöhe auf die Dauer des Frostes von Einfluß ist. Es kam also darauf an, die mittlere Zunahme der Frostdauer im Gebirge zu ermitteln.

Die Untersuchung zeigt, daß im Gebirge die Frostdauer mit der Seehöhe zunimmt, daß jedoch diese Zunahme keine vollständig gleichmäßige ist. Vielmehr findet sich erst eine Beschleunigung der Zunahme bis 600 *m*, dann von Stufe zu Stufe eine allmähliche Verringerung des Betrages. Ob das in einigen Fällen weiter hinauf sich wieder geltend machende Steigen oberhalb 1100 *m* eine allgemeine Erscheinung und nicht etwa nur zufällig durch die Auswahl der Stationen bedingt ist, läßt Verfasser dahingestellt.

Dorscheid hat auch den Einfluß der Nord- und Südseite verschiedener Gebirge getrennt behandelt und findet, daß die Zunahme der Frostdauer auf der Nordseite stets größer als auf der andern ist.

Die mittlere Veränderlichkeit der Frostdauer (von Jahr zu Jahr) nimmt im gemäßigten Europa-Asien von Westen nach Osten ab, und zwar von Warschau mit einer Veränderlichkeit des Anfanges der Frostzeit von 15.2 Tagen bis Nikolajewsk a. Amur mit 2.8 Tagen um 12.4 Tage. Die Differenz in der mittlern Veränderlichkeit des Endes des Frostes für beide Stationen beträgt 13.2 Tage und diejenige der Veränderlichkeit der Dauer sogar 16.5 Tage.

Ein Vergleich der Veränderlichkeit des Anfanges der Frostperiode mit derjenigen des Endes des Frostes jeder Station gestattet

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907 p. 11.

die Schlußfolgerung, daß im allgemeinen die mittlere Veränderlichkeit des Datums des Endes der Frostdauer größer ist als die des Anfanges. Eine Ausnahme von dieser Erscheinung machen nur Alexandrowsk und Jakutsk. Beide Orte sind bemerkenswerterweise im Winter schneefrei.

Auf Grund seiner Ermittlungen hat Dorscheid eine Karte entworfen, welche die Linien gleichzeitigen Anfanges, gleichzeitigen Endes und gleicher Dauer des Frostes für die nördliche Erdhälfte von 20° nördl. Br. ab zeigt.

„Wir sehen," sagt Dorscheid, „aus dieser Karte, daß von der Westküste aus nach der Mitte der Kontinente unter gleicher Breite der Eintritt des Frostes sich verfrüht, um von dort bis zur Ostküste wieder allmählich eine Verspätung zu erfahren. Dies kommt in der Karte zum Ausdrucke, durch ein starkes südliches Ausbiegen der Linien gleichen Anfanges auf den Kontinenten. Im Herbste erfolgt ebenso schnell eine Abkühlung auf den Kontinenten; demgegenüber bleiben infolge der sehr geringen Abkühlung der Ozeane die Küsten zurück.

Die Karte zeigt in trefflicher Weise, welchen Einfluß kalte oder warme Meeresströmungen auf die Frostverhältnisse eines Landes haben. Die Zusammendrängung der Linien in Skandinavien ist im wesentlichen auf die erwärmende Wirkung des Golfstromes zurückzuführen, der diese Küsten bestreicht. Ihr ist auch die starke Ausbuchtung der Linien gleichen mittlern Frostanfanges nach Norden zwischen Island und Norwegen zuzuschreiben. Auch an der Westküste von Nordamerika bewirkt eine warme Strömung, ein Ausläufer des Kuroschio, daß ein breiter Küstenstrich von 55° nördl. Br. ab völlig ohne Frostperiode ist. Der Kuroschio drängt die Linien nach den Kurilen und Aleuten hinauf.

Auch die Wirkung kalter Strömungen kommt in der Karte in klarer Weise zum Ausdrucke, indem in ihrem Bereiche die Linien gleichen Frostanfangs scharf nach Süden gedrängt werden. Der Einfluß der Eismassen des Eismeeres ist es, der die bedeutende nördliche Ausbuchtung der Linien im Karischen Meere bewirkt.

Daß wir in der Umgebung des Nordpoles ein Gebiet haben, wo die Temperaturmittel aller Monate unter 0° liegen, ist nach Nansens Beobachtungen zweifellos; doch bietet sich keine Handhabe, die Kurve, die das Gebiet ständigen Frostes umgrenzt, zu zeichnen.

Der Verlauf der Linien gleichen Frostanfanges läßt zwei Typen unterscheiden, nämlich einen südlichen und einen nördlichen. Im Norden verlaufen die Linien nach Art der Sommerisothermen, indem sie über den Landstrecken polwärts stark ausbiegen. Gehen wir dagegen südlich, so nehmen sie ziemlich plötzlich den Typus der Winterisothermen an, deren charakteristisches Merkmal eine starke Ausbuchtung auf den Kontinenten nach Süden ist. Diese Erscheinung tritt sowohl in der alten, als auch in der neuen Welt auf. In Asien tritt der Wechsel ungefähr in 65° nördl. Br. ein; etwas undeutlicher vollzieht sich derselbe in Amerika.

Folgen wir dem Verlaufe der Äquatorialgrenze des Frostes auf der Nordhemisphäre, so sehen wir, daß dieselbe im Mittel in der Breite von etwa 50° verläuft. Über den beiden Kontinenten erfährt sie eine starke Ausbuchtung nach Süden. In Amerika reicht dieselbe ungefähr bis zum 35. Parallel, über der ungeheuern Landmasse von Asien rückt sie sogar bis zum 30. Parallel herab. Dieser starken Wölbung nach Süden über den Kontinenten entspricht eine ähnliche Ausbuchtung polwärts über den Ozeanen, die über dem Großen Ozeane bis 57°, über dem Atlantischen sogar bis 67° hinaufreicht.

Europa durchquert die Frostgrenze, nachdem sie der Südwestküste von Norwegen gefolgt ist, im wesentlichen in südlicher Richtung und teilt dadurch unsern Erdteil in eine wärmere West- und eine kältere Osthälfte. Hierauf

biegt sie in den Südalpen scharf nach Osten um, folgt der Küste von Dalmatien, durchquert die Balkanhalbinsel, berührt die Südspitze der Krim und gelangt, dem Südfuße des Kaukasischen Gebirges folgend, ins Kaspische Meer, das sie west-östlich durchschneidet. Auf ihrem weitern Verlaufe berührt sie den Oberlauf des Amu-Darja, und in südöstlicher Richtung gelangt sie zum Unterlaufe des Yang-tse-kiang, dem sie bis zur Küste folgt, um dann über Südkorea nach Mitteljapan zu gelangen. Gerade hier im Innern Asiens tritt freilich auch in den hochliegenden Plateaus, z. B. in Tibet, oder wohl auch in Teilen von Iran, Frost auf, der wegen der Höhenlage, zum Teile auch wegen des Fehlens von Stationen, nicht zur Darstellung kommt. Allerdings hat z. B. Teheran trotz seiner 1130 *m* keinen Frost, Ispahan nur eine bis zwei Wochen. Im Pacifischen Ozeane folgt die Südgrenze dem Nordrande der warmen Strömung des Kuroschio und gelangt in 55° nördl. Br. auf amerikanischen Boden. Hier trennt sie, südöstlich streichend, einen wärmern Küstenstreifen von dem kühlern Hinterlande ab. In 35° nördl. Br. biegt sie dann nach Osten um und erreicht die Ostküste in der Breite von Philadelphia. Im Atlantischen Ozeane ist ihr Verlauf im großen und ganzen nordöstlich bis zur Südküste von Island. In einem scharfen Bogen, dessen konvexe Seite nach Nordosten gerichtet ist, gelangt sie nach Norwegen.

Auf der Südhemisphäre ist es vorläufig nicht möglich, den Verlauf der Äquatorialgrenze des Gebietes mit Frost genau zu bestimmen. Wir besitzen für das Gebiet mit jährlicher Frostperiode, das bei einer Breite von ungefähr 53° südl. Br. in Amerika beginnt, nur einige wenige Jahresreihen, die nicht zur Bestimmung der mittlern Frostgrenze ausreichen.

Betrachten wir die Linien gleichzeitigen Frostanfanges auf der Nordhemisphäre etwas näher.

In der Nachbarschaft der äußersten Frostgrenze drängen sich überall die Linien gleichen Anfanges der Frostperiode, um dann nach Norden zu sich immer mehr voneinander zu entfernen. Wir erkennen hieraus, daß die Frostgrenze im Herbste, von Norden nach Süden rückend, mit abnehmender geographischer Breite ihre Geschwindigkeit verringert. Um von Ssagastir an der Lenamündung nach dem $11^1/_2{}^0$ südlicher gelegenen Jakutsk zu gelangen, braucht der Frost zwölf Tage, nämlich vom 17. bis 29. September. Zu einem Vorrücken um einen Breitengrad nach Süden braucht der Frost auf dieser Strecke 1.1 Tage. Von dort bis Blagowestschensk, das $11^3/_4{}^0$ südlicher liegt, gelangt er in weitern 19 Tagen, und zwar am 18. Oktober, was ein Vorrücken um einen Breitengrad in 1.6 Tagen bedeutet. Um das $7^1/_4{}^0$ südlicher gelegene Mukden zu erreichen, hat er 19 Tage, bis zum 6. November, nötig, was einem Vorrücken um 1° in 3.8 Tagen entspricht. So finden wir das bestätigt, was wir aus der Karte sofort ablesen konnten, nämlich die Verlangsamung der Geschwindigkeit der Bewegung der äquatorialen Frostgrenze im Herbste in der Richtung nach Süden."

Das mittlere Datum des Endes der Frostperiode betreffend, zeigt sich, daß das Zurückweichen der äquatorialen Frostgrenze im Frühlinge in umgekehrter Weise analog erfolgt, wie das Vorrücken im Herbste. Der Verlauf der Linien gleicher Frostdauer ist im wesentlichen derselbe wie derjenige der im vorhergehenden besprochenen Linien gleicher Eintritts-, bzw. Endzeiten des Frostes. Wieder sehen wir in der Karte die Abnahme der Dichte der Linien von der Südgrenze des Frostes weg. Scharf gegeneinander abgegrenzt zeigen uns sich die beiden Arten von Linien in der Karte, die nördlichen nach dem Typus der Sommerisothermen und die südlichen nach demjenigen der Winterisothermen. Von der Südgrenze des Frostes gegen Norden ändert sich die Frostdauer sehr rasch, später weit langsamer. Die Änderung ist am langsamsten in der Mitte der nördlichen Kontinente.

Die Beziehungen zwischen Druck und Temperatur bei mit der Höhe veränderlichen Temperaturgradienten hat Dr. A. Defant

studiert.[1]) Bei Untersuchungen über meteorologische Probleme, bei denen es namentlich auf eine Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf atmosphärische Vorgänge ankommt, hat man bis jetzt fast ausschließlich als Beziehung zwischen Druck und Temperatur die Poissonsche Formel angewendet; damit beschränkte man sich von vornherein nur auf jene Fälle, in denen von einer Wärmezufuhr oder -abfuhr abgesehen werden konnte. Dr. Defant sucht nun in seiner Abhandlung eine Beziehung zwischen Druck und Temperatur auch für solche Fälle abzuleiten, in denen man die Wärmezufuhr oder -abfuhr nicht mehr vernachlässigen kann. Die Poissonsche Beziehung gilt bloß in jenen Fällen, in welchen wir eine adiabatische Temperaturverteilung mit der Höhe vor uns haben. Weicht der Temperaturgradient vom adiabatischen Werte ab, so ist eine Anwendung der Poissonschen Beziehung nicht mehr gestattet. Eine beliebige vertikale Temperaturverteilung als gegeben vorausgesetzt, können wir nun die Temperatur in jeder Höhe uns folgendermaßen entstanden vorstellen. Wir lassen die Luft adiabatisch aufsteigen; dadurch nimmt sie die nach dem Poissonschen Gesetze definierte Temperatur an; sodann führen wir ihr noch in jedem Augenblicke so viel Wärme zu, als sie benötigt, um die vorgegebene Temperatur in jener bestimmten Höhe anzunehmen. Für konstante Temperaturgradienten brauchen wir diese Wärmemenge erst am Ende der adiabatischen Bewegung hinzuzufügen; anders verhält es sich bei mit der Höhe variabeln Gradienten. Um die vorgegebene Temperaturverteilung zu erhalten, muß in jedem kleinen Zeitelemente diese Wärmemenge hinzugefügt werden und dann über alle Wärmemengen integriert werden. Aus der thermischen Grundgleichung folgt dann die Beziehung zwischen Druck und Temperatur in jeder beliebigen Höhe. Die abgeleitete Beziehung hat gewisse Ähnlichkeit mit der Poissonschen Gleichung, nur kommt noch ein Glied hinzu, welches ihre Form wesentlich modifiziert. Als Beispiel berechnet Dr. Defant diese Beziehung mit numerischen Werten für jene mittlern vertikalen Temperaturverhältnisse, die sich nach den Beobachtungen der Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten für die Atmosphäre über der mitteldeutschen Tiefebene ergaben.

Luftdruck.

Der ungewöhnlich hohe Barometerstand im Januar 1907. Hierüber bringt O. V. Johansson mehrere Mitteilungen, aus denen folgendes hervorgehoben werden möge.[2])

Nach den Petersburger Wetterberichten scheint es, als wäre das Maximum vom Eismeere in der Nähe vom Ural ins europäische

[1]) Wiener akad. Berichte 1907. p. 397.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1906 p. 226.

Rußland eingedrungen. Der Luftdruck stieg vom 19. zum 20. Januar schnell zu einer Höhe von 795, und in den folgenden Tagen bis zum 25. kann man den Weg dieses Maximums über Europa verfolgen. Es zog erst in Südwestrichtung über Nordrußland südlich vom Weißen Meere (am 20. und 21.), über Südostfinnland (am 22.), veränderte dann seine Richtung zu einer mehr südlichen, zog über Livland und Kurland (am 23.), wo es seine größte Höhe von etwa 800 *mm* erreichte, über Westrußland und schließlich mehr nach Südsüdosten über Volhynien und Moldau in der Richtung gegen Konstantinopel (am 24. und 25.). Am 26. Januar war das Zentrum schon außerhalb Europas.

Der in fünf Tagen (vom 20. bis zum 25.) durchlaufene Weg des Maximums war ungefähr 300 *km* lang, woraus eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 25 *km* pro Stunde hervorgeht. Am größten war die Geschwindigkeit am 23. Januar (etwa 40 *km* in der Stunde), wahrscheinlich, weil zu dieser Zeit ein niedriges Minimum von Nordnorwegen sehr schnell hervortrat und einen starken Druck nach Süden ausübte. Hierdurch wurde auch die Bewegungsrichtung des Maximums zu einer südlichen verändert, insbesondere weil die Temperatur auf der Ostsee und westlich davon bedeutend höher war als auf der Ostseite und in Westrußland (am 22. somit 10 bis 20° höher).

Interessant sind auch die Erscheinungen, die durch das Zusammenwirken des Maximums und des oben erwähnten Minimums entstanden. Im Norden fiel das Barometer außerordentlich schnell, in $3^1/_2$ Tagen zu Kola von 791.8 auf 732.3, also um 59.5 *mm*, in einem Tage sogar 29 *mm*. Hierdurch wurden die barometrischen Gradienten von einer sehr selten vorkommenden Größe. Trotzdem war die Luftbewegung zu derselben Zeit noch nicht besonders groß, aber in den folgenden Tagen traten überall im Norden sehr häufige Stürme ein. Das Steigen der Temperatur war ebenfalls außerordentlich rasch in Finnland. Kuopio hatte z. B. am 22. um 9 Uhr nachmittags —32°, aber 10 Stunden später nur —10°, und somit eine Temperaturerhöhung von 2.2° in der Stunde.

Ebenso kamen große Temperaturunterschiede in vertikaler Richtung vor. In Pawlowsk beobachtete man z. B. in etwa 200 *m* Höhe am 23. Januar etwa 10 Uhr vormittags eine 11.4° höhere Temperatur als in der Nähe vom Erdboden. Am Aeronautischen Observatorium Lindenberg hatte man ebenso am 24. Januar in 500 *m* Höhe —16.0°, aber in 1900 *m* Höhe —6.0° beobachtet. Diese großen Temperaturinversionen deuten, wie auch entsprechende Windverhältnisse, darauf hin, daß die untersten Luftschichten damals noch unter dem Einflusse des Maximums, die obern wiederum unter demjenigen des Minimums standen.

Am 22. Januar lag das Zentrum des Maximums über Finnland, und hier wurden die höchsten bisher bekannten Barometerstände

beobachtet. Um 7 Uhr vormittags traten die höchsten Stände nördlich vom Ladogasee ein, Kuopio hatte 798.9 (reduziert, Höhe = 100 *m*), Wärtsila 799.3? (Höhe 78 *m*?), Sordavala (Höhe 17 *m*) 798.7. Um 2 Uhr nachmittags hatte Wiborg (Höhe 7 *m*) 799.0, Tammerfors (Höhe 91 *m*) 799.1. Abends war das Zentrum schon außerhalb Finnlands, südlich vom Finnischen Meerbusen, und von finnischen Orten hatten Helsingfors (Höhe 12 *m*) und Wiborg die höchsten Barometerstände, 799.0, bzw. 799.2. Der höchste sichere Stand, der in Finnland beobachtet oder registriert wurde, war 799.4 *mm* am 22. in Helsingfors.

Die Temperaturen, welche zur Zeit dieses Luftdruckmaximums beobachtet wurden, waren auch ungewöhnlich niedrig und kamen in Finnland dem absoluten Minimum für die letzten 20 Jahre sehr nahe.

Über die unperiodischen Luftdruckschwankungen und einige damit zusammenhängende Erscheinungen verbreitete sich Nils Ekholm.[1])

In zwei frühern Aufsätzen hat er schon diese Luftschwankungen besprochen.[2]) Aus einer großen Anzahl synoptischer Karten, in denen diese Schwankungen durch angenähert zwölfstündige Luftdruckdifferenzen veranschaulicht wurden, ergab sich, daß dieselben nicht eine Folgeerscheinung der Zyklonen und Antizyklonen sind, wie bisher fast allgemein angenommen worden ist, sondern eine selbstständige Erscheinung, die bei ihrer Fortbewegung immer das vorhandene Isobarenfeld abändert und bei hinlänglicher Intensität bewegliche Zyklonen und Antizyklonen erzeugt und mit sich schleppt. Diese beweglichen Wirbel sind von den stationären Zyklonen und Antizyklonen verschieden. Aber auch die letztern werden von den Luftdruckschwankungen stark beeinflußt und ebenso diese von jenen. Wie aus den bisher gemachten Beobachtungen der Temperatur der obern Luftschichten hervorgeht, werden diese Schwankungen im allgemeinen dadurch hervorgerufen, daß die Temperatur der obern Luftschichten sich ändert. Das Barometer an der Erdoberfläche fällt, wenn die Temperatur in der Höhe steigt, und umgekehrt, was in physikalischer Hinsicht sehr einfach und natürlich ist. Hiermit soll nicht geleugnet werden, daß auch die Bewegung der Luftmassen und deren Feuchtigkeitsgehalt den Luftdruck an der Erdoberfläche beeinflußt, aber es scheint doch aus den Beobachtungen hervorzugehen, daß die runden oder länglichen und sich schnell fortbewegenden Steigungs- und Fallgebiete des Luftdruckes, welche die gewöhnlichen Schwankungen sind, fast ausschließlich von den Temperaturänderungen der obern Luftschichten verursacht werden. Da man nunmehr weiß, daß die Temperatur dieser Luft-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 1.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1904. p. 335. — Hann-Band 1906. p. 228.

schichten bis zu einer Höhe von mehr als 20 *km*, soweit die Beobachtungen sich erstrecken, sehr veränderlich ist, und zwar, wie es scheint, mit zunehmender Höhe immer veränderlicher, so sieht man ein, daß die Ursache der an der Erdoberfläche stattfindenden Luftdruckschwankungen in allen möglichen Höhen bis zu wenigstens 20 *km* zu suchen ist. Als Beleg führt Ekholm die von Teisserenc de Bort veröffentlichten Diagramme der Temperatur der obern Luftschichten von Paris während der ersten Hälfte von März 1903[1]) an. Daraus geht hervor, daß die Luftdruckschwankungen, welche während der ersten Tage dieses Monats über Nordfrankreich zogen, hauptsächlich durch eine Temperaturschwankung in den obern Luftschichten von etwa 7000 bis 14000 *m* verursacht wurden. In solchen Fällen stehen wohl meistens die Luftdruckschwankungen in keiner nähern Beziehung zu dem Isobarenfelde an der Erdoberfläche, was sich auch erfahrungsgemäß bestätigt, indem die entsprechenden Fall- und Steigungsgebiete sich fast geradlinig aus einer gewöhnlich westlichen Richtung fortbewegen. In andern Fällen aber, wo die Temperaturänderungen in einer geringern Höhe stattfinden, bemerkt man meistens, daß die Bahnen der isallobarischen Gebilde die stationären Zyklonen und Antizyklonen umkreisen, und zwar so, daß auf der nördlichen Halbkugel der höhere Druck rechts von der Bahn liegt. Diese Regel hat Ekholm folgendermaßen erklärt. Die Luftdruckschwankung wird durch eine obere Depression, d. h. einen in den obern Luftschichten auftretenden Wirbel zyklonischer Natur verursacht, und die dabei entstehenden Luftströmungen bewirken, daß der Wirbel sich nach der Richtung hin fortbewegt, wo die Luftströmung am wärmsten ist, eine Erklärung, welche wesentlich dieselbe ist, wie diejenige, welche Mohn für die Bewegung der Zyklonen aufgestellt hat. Nach dieser Erklärung muß der obere Wirbel sich genau so fortbewegen wie das von demselben erzeugte Fallgebiet an der Erdoberfläche, und da die Temperatur der obern Luftschichten in der Regel vom Äquator polwärts und vom Kerne einer stationären Antizyklone zu demjenigen einer stationären Zyklone abnimmt, so werden durch diese Annahme die tatsächlichen Bewegungen der Fall- und Steigungsgebiete am besten erklärt. Hierdurch soll natürlich nicht geleugnet werden, daß auch die allgemeine Luftströmung in der Atmosphäre und in den stationären Zyklonen und Antizyklonen, welche etwa in derselben Richtung wie die Bewegung des obern Wirbels stattfindet, demselben ihre eigene mittlere Strömungsgeschwindigkeit mitteilen muß. Indessen kann diese Luftströmung nicht die Temperaturschwankung in den obern Luftschichten und folglich auch nicht die dadurch erzeugte Luftdruckschwankung hervorrufen und somit nicht die wesentliche Ursache der Erscheinung sein.

[1]) Meteorol. Zeitschr., Hann-Band, p. 226.

Grundzüge einer Theorie der synoptischen Luftdruckveränderungen von Dr. Felix M. Exner. Eine zweite Mitteilung an die K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien[1]) schließt sich an die Arbeit mit gleichem Titel vom Jahre 1906 an. Sie bezweckt, den Einfluß der Wärmezufuhr und Wärmeentziehung, welchen die Kontinente und Meere der Erde auf die über ihnen lagernden Luftmassen ausüben, bei der Rechnung der Luftdruckveränderungen zu verwerten. Die in der ersten Mitteilung gemachte Voraussetzung von adiabatischer Luftbewegung ist daher hier fallen gelassen worden; es soll nunmehr in höhern Breiten, von denen hier allein die Rede ist, im Winter das Festland einen abkühlenden, das Meer einen erwärmenden Einfluß auf die darüberliegende Luftsäule haben. Die Berechnung der Luftdruckveränderung mit der Zeit ist im übrigen unter ähnlich einfachen Voraussetzungen, wie in der ersten Mitteilung, durchgeführt worden. Es wurde eine Differentialgleichung aufgestellt, durch welche die zeitliche Druckänderung an einem Orte der Erdoberfläche als Funktion der Ost—West-Gradienten des Druckes und der zugeführten Wärme gegeben ist.

Da bisher nichts Ausreichendes über die letzte Größe bekannt ist — es handelt sich um die Wärmemenge, welche einer Luftsäule von bestimmter Höhe durch den Einfluß von Wasser und Land in der Zeiteinheit zugeführt, beziehungsweise entzogen wird —, so wurde der Versuch gemacht, dieselbe aus dem beobachteten Verlaufe der mittlern Isobaren des Winters auf der Erdoberfläche zu berechnen. Hierzu wurde eine einfache Verteilung der Wärmezufuhr auf einem Weltkörper mit je zwei Meeren und zwei Kontinenten, die gleich groß sind und symmetrisch liegen, angenommen. So ergab sich z. B., daß unter 60° Breite der Druck im Laufe eines Tages um 5 *mm* Quecksilber durch die Abkühlung am Kontinente steigt, um den gleichen Betrag infolge der Erwärmung am Meere fällt, sofern keine andere Ursache für eine Druckänderung vorhanden ist. Da die Annahmen ganz schematische sind, und nur die Größenordnung jener Wirkungen gesucht wurde, kann obiges Resultat für unsere Erde nur in Analogien verwendet werden.

Wurde die Differentialgleichung für die Annahme einer Anfangsverteilung des Luftdruckes, welche geschlossene Hoch- und Tiefdruckgebiete enthielt, integriert, so ergab sich der Druck als Funktion von Ort und Zeit. Er war im allgemeinen gegeben als Summe zweier von Westen nach Osten fortschreitender Wellen, einer durch den Einfluß von Wasser und Land bedingten (als „thermische Welle" bezeichnet) und einer durch die West—Ost-Bewegung der Anfangsverteilung hervorgerufenen. Die Periodendauer der ersten betrug 11 Tage für den fingierten Weltkörper, die Periode des Druckes selbst 22 Tage. Derselbe stellte sich so trotz der einfachen Annah-

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1907. p. 251.

men als recht komplizierte periodische Funktion dar; einige Wetterkarten und Druckkurven illustrieren seinen Verlauf. Der Einfluß von Land und Meer macht sich auf den Karten sehr stark geltend. Die Minima haben über dem Kontinente die Tendenz, sich aufzulösen, am Meere die, sich zu vertiefen. Auch ihre Geschwindigkeit wird recht ungleich; z. B. kann eine Depression, wenn die beiden Wellen in günstiger Phase aufeinandertreffen, an der Westküste der Kontinente stark verzögert werden.

Diese Erscheinungen erinnern, so schematisch sie sind, an den wirklichen Verlauf der Luftdruckänderungen, weswegen es sehr wahrscheinlich ist, daß auch der letztere wesentlich aus zwei periodischen Funktionen zusammengesetzt ist, einer thermischen Welle, die durch die Wärmezufuhr über Land und Meer bedingt ist, einer andern Welle, die durch die West—Ost-Bewegung der gegebenen Druckverteilung entsteht, wobei die vorhandenen kleinern Luftdruckgebilde lokalen Wärmequellen ihren Ursprung verdanken dürften. Die Wärmezufuhr auf unserer Erde ist leider so gut wie unbekannt. Aus der Rechnung folgt, daß es höchst wünschenswert wäre, sie zum Gegenstande eingehenden Studiums zu machen.

Vieltägige Perioden des Luftdruckes. In der Abteilung VI der 79. Versammlung deutscher Naturforscher zu Dresden 1907 sprach Prof. E. Herrmann (Altona) über seine Untersuchungen zu der Frage der tatsächlichen vieltägigen Perioden des Luftdruckes. Auf den synoptischen Wetterkarten des Atlantischen Ozeans sieht man häufig zonale Verteilungen des Luftdruckes, die in ihrer Anordnung stark abweichend und bisweilen direkt entgegengesetzt sind, wie es nach der herrschenden Theorie der allgemeinen Luftzirkulation zwischen den Polen und dem Äquator sein sollte. Aus einer Analyse der Luftdruckverteilung über dem Atlantischen Ozeane folgert Prof. Herrmann, daß neben den allgemeinen Schwankungen des Luftdruckes, die als pol- oder äquatorwärts fortschreitende Wellen oder als stehende Schwingungen angesehen werden können, auch noch eine gewisse Regelmäßigkeit in der Gestaltung und der Bewegung der Maxima und Minima des Luftdruckes vorhanden ist, die eine von Westen nach Osten fortschreitende Welle ergeben. Die mittlere Verteilung des Luftdruckes fällt dabei nicht mit den geographischen Breitenkreisen zusammen, sondern ihr Pol scheint ähnlich wie der erdmagnetische Pol vom geographischen abzuweichen. Nach verschiedenen Methoden vorgenommene Versuche, Anhaltspunkte für die zeitlichen Perioden des Luftdruckes und der Luftdruckverteilung zu finden, führten zur Annahme von Mondperioden. Die für vier weit auseinander liegende europäische Stationen durchgeführten Summierungen der Morgenbeobachtungen des Barometers zeigen in ihrem Gange einen augenfälligen Parallelismus mit Mondperioden, der auf stehende Schwingungen von solchen

Perioden hinweist. Die Amplituden der diese Summen wiedergebenden Kurven erreichen Werte bis zu 11 *mm*. Systematische Abweichungen der einzelnen Kurven werden als fortschreitende, in den Perioden enthaltene Wellen gedeutet. Die Verschiedenheit der Kurven für verschieden gelegene Zeiträume wird damit erklärt, daß nicht nur die Periode einer Mondstellung in ihnen zur Geltung kommt, sondern daß auch noch Perioden von kürzerer Dauer als bei einem Mondumlaufe in Form von Oberschwingungen auftreten. Von den unmittelbaren Mondperioden und ihren Teilperioden abweichende Perioden werden als Kombinationswellen einer Jahresperiode und des Einflusses der Jahreszeiten auf die Mondperioden angesehen, so daß also die Luftdruckverteilung wenigstens zum Teile als eine Funktion des Jahres und von Mondumläufen sich darstellte. Die Entwicklung dieser Funktion durch harmonische Analyse nach den Phasen dieser Perioden soll die einzelnen Luftdruckperioden in ihrer Abhängigkeit von Sonnen- und Mondumläufen ergeben.

Die Luftzirkulation in den tropischen Gebieten des Atlantischen Ozeans. L. Teisserenc de Bort und L. Rotch haben die Ergebnisse ihrer bezüglichen Versuche im Jahre 1906 veröffentlicht.[1]) Folgendes sind die Hauptergebnisse derselben.

Die aus Norden bis Osten wehenden Passatwinde haben eine Höhenausdehnung, die im allgemeinen einige hundert Meter nicht übersteigt. Die folgende Tabelle zeigt, daß der Temperaturabfall in dieser Schicht ein sehr rascher ist; die Zahlen wurden aus Drachen- und Ballon-sondes-Aufstiegen gewonnen:

Vertikale Temperaturabnahme in °C. pro 100 *m*.

Beobachtungsort (Drachenaufstiege)	0 bis 200 *m*	200 bis 400 *m*	400 bis 600 *m*	600 bis 800 *m*	800 bis 1000 *m*	1000 bis 1100 *m*	1100 bis 1200 *m*	1200 bis 1400 *m*
Nördlich von 25° NBr.	1.3	1.0	0.6	0.35	0.4	0.1	0.8	—
Südlich von 25° NBr.	1.0	0.9	0.3	—0.75	—0.5	0.0	—1.0	0.7

Sechs Ballon-sondes-Aufstiege (im Mittel in 30° nördl. Br.) ergaben in den ersten 500 *m* einen vertikalen Temperaturgradienten von 1.8°; das Minimum des Gradienten stellte sich bei etwa 1250 *m* ein.

Sechs Ballon-sondes-Aufstiege (im Mittel in 1° nördl. Br.) ergaben für die untern 500 *m* eine Temperaturabnahme von 1.2° und zeigen in etwa 1000 *m* Höhe eine Temperaturumkehr.

Über der Schicht rascher Temperaturabnahme liegt eine Zone, in welcher die Windgeschwindigkeit abnimmt, und gewöhnlich eine Temperaturinversion eintritt. Diese Tatsache ist speziell für das Gebiet um die Azoren und Madeira herum, sowie für Gebiete in 26° nördl. Br. von Prof. Hergesell bereits festgestellt worden; sie gilt aber ganz allgemein für die nördliche tropische Zone und wurde

[1]) Compt. rend. **144**. 772. — Meteorol. Zeitschr. 1907, p. 362.

auch im Gebiete des Südostpassats auf der südlichen Hemisphäre bis zur Ascensioninsel verifiziert.

Oberhalb des Nordostpassates beobachtet man gewöhnlich Windströmungen aus verschiedenen Richtungen; am häufigsten ist der Nordwest vertreten, doch finden sich auch andere Windrichtungen vor. In größerer Höhe trifft man auf Strömungen mit südlicher Komponente, die den Gegenpassat darstellen. Diese Strömung beginnt in der Nähe des Äquators in einer Höhe von über 2000 *m* und findet sich über der tropischen Zone in einer mittlern Höhe von 2500 *m*; in der Breite von Teneriffa liegt diese Schicht einige hundert Meter höher.

Wie bereits gesagt, stellt der Gegenpassat uns einen reinen Effekt der Erdrotation dar; er kommt von Südost, dreht sich nach Süden, schließlich nach Südwest und geht dann in der Breite der Azoren in einen Westwind über.

In der Nähe des Äquators, im Gebiete des aufsteigenden Luftstromes, herrscht in sämtlichen untersuchten Schichten (d. h. vom Meere bis 14 *km* Höhe) die östliche Komponente der Windströmung absolut vor. Bei Ascension findet sich oberhalb des Südostpassates ein Wind mit nördlicher Komponente (der Gegenpassat) der südlichen Halbkugel. In Zwischenschichten kamen, entsprechend dem Nordost unserer Hemisphäre, südöstliche Winde vor. Nördlich der tropischen Region sind Passat und Gegenpassat nicht mehr so regelmäßig ausgebildet. In diesen Breiten kommt es vor, daß der Passat sich bis zu 6 bis 8 *km* Höhe erstreckt, der Gegenpassat ist nach rechts oder links abgelenkt. Dies sind jedoch nur Übergangsstadien.

Nördlich von 25° Br. finden sich Passat und Gegenpassat vorherrschend im Gebiete der Kanarischen Inseln bis zu 37° westl. L. Gegen Amerika hin finden sich in den untern Schichten vorzüglich Süd- und Südostwinde, was sich zur Genüge aus der Luftdruckverteilung erklärt, die selbst wieder durch die Temperaturverteilung bedingt ist.

Wolken und Niederschläge.

Wolkenbildung über San Franzisko während des Brandes. Einige Beobachter haben die Bildung von Cumuluswolken über San Franzisko während des großen Brandes wahrgenommen, der das Zerstörungswerk des Erdbebens vom 18. April 1906 fortgesetzt hat. In „Science" vom 5. April d. J. teilt Prof. George D. Louderback von der California-Universität seine Beobachtungen hierüber mit. Er kam am 19. April morgens aus Nevada am Oakland-Pier an, wo er mehrere Stunden aufgehalten wurde, und wurde hier durch den Anblick der aufsteigenden Rauchsäule gefesselt. Der über der großen brennenden Fläche der Stadt sich entwickelnde schwarze Rauch zog sich ziemlich schnell zusammen und stieg als dicke Säule mit

schwach kegelförmiger Basis zu beträchtlicher Höhe empor. Oben breitete sie sich zu einer horizontalen Schicht aus, die schwach nach Nordwesten trieb. Diese horizontale Rauchwolke dehnte sich von der Säule auch ein wenig nach Süden aus. Über ihrer obern Fläche und gerade über dem vertikalen Säulenschafte lag nun eine Cumuluswolke, die an ihrer Oberfläche vier oder fünf schön regelmäßig geformte rein weiße Kuppeln zeigte. Sie unterschied sich nicht nur durch Form und Lage von den übrigen sichtbaren Wolken, sondern auch durch Farbe und Glanz, und Louderback glaubt, daß sie aus reinen Wasserpartikeln bestand und unbefleckt war von den Rauchteilchen, die der horizontalen Schicht den Charakter verliehen. Louderback beobachtete sie mit Unterbrechungen mehrere Stunden, während er auf die Überfahrt wartete, und nahm nur eine geringe Veränderung wahr. Gegen 5 Uhr nachmittags konnte er in einem Boote nach San Franzisko hinüberfahren. Während er sich der brennenden Stadt näherte, war die sinkende Sonne durch den Rauchzylinder verschleiert, und später durch tiefere Rauchschichten, die überraschende uud zauberhafte Absorptionseffekte hervorbrachten.[1])

Die angebliche wolkenzerstreuende Kraft des Mondes ist von Otto Meißner untersucht worden[2]) auf Grund der in Potsdam am magnetischen Observatorium täglich 9^h nachmittags, 10^h nachmittags und um Mitternacht angestellten Schätzungen der Bewölkung, während eines Zeitraumes von 80 Lunationen (etwa $6^1/_2$ Jahren). Wenn der behauptete Mondeinfluß wirklich stattfände, so müßte etwa zur Vollmondszeit, also um den 15. Tag, ein Minimum der Bewölkung eintreten, dies Minimum müßte sich ferner verschieben und für Mitternacht auf einen spätern Termin fallen. Von alledem zeigen die auf Grund der Beobachtungen entworfenen Tabellen nichts; sie deuten nur das Gegenteil an: die behauptete wolkenzerstreuende Kraft des Mondes existiert nicht; sie ist eine auf psychologischer Grundlage beruhende Täuschung: abends lösen sich die Wolken, zumal stratocumulus, sehr häufig auf, und dieser Vorgang ist viel leichter zu verfolgen, wenn die Wolken vom Monde beleuchtet werden, fällt daher um die Vollmondszeit mehr auf und prägt sich dem Gedächtnisse mehr ein als zur Zeit des Neumondes.

Aber, sagt Meißner, ein gewisser Einfluß des Mondes ist, so regellos die Zahlen auch zunächst verteilt scheinen, doch wenigstens angedeutet: es zeigt sich, wenn auch nur ganz im allgemeinen, ein Minimum der Bewölkung um Neumond, ein Maximum um oder kurz nach Vollmond.

Die Entwicklung unserer Kenntnis von der Bildung und Konstitution der Wolken behandelte kritisch Dr. V. Conrad.[3])

[1]) Globus 1907. p. 18.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 200.
[3]) Meteorol. Zeitschr. 1907. Heft 4.

Halley und Leibniz haben zu Anfang des 18. Jahrhunderts die bis in die neuere Zeit festgehaltene Hypothese aufgestellt, daß die flüssig-wässerigen Wolkenelemente sich in Form von ungemein dünnwandigen Bläschen aus dem Wasserdampfe abscheiden.

Die Größe dieser Elemente wurde wohl zum ersten Male von Kratzenstein mikroskopisch gemessen und der Durchmesser zu ungefähr 0.01 *mm* gefunden.

So richtig die Größenordnung beinahe vor anderthalb Jahrhunderten angenommen war, so unglücklich erwies sich die „Bläschen"- oder „Vesikular"-Hypothese, die aber, einmal aufgestellt, immer mehr Scheingründe für sich gewann. Das Schweben der Tröpfchen einerseits, das scheinbare optische Verhalten anderseits, schien die Annahme von Dampfbläschen unumgänglich zu machen. Die Clausiusche Theorie der blauen Farbe des Himmels gab dann der Vesikulartheorie noch eine physikalische Grundlage.

A. Waller scheint einer der ersten gewesen zu sein, der eine objektive mikroskopische Prüfung der Kondensationselemente des Wasserdampfes unternommen hat und auf Grund derselben die Ansicht aussprach, daß von „Bläschen" absolut nichts zu sehen sei, und nur volle Tropfen existieren.

Das scheinbare Schweben der Tröpfchen hat Stokes mit Hilfe des Luftwiderstandes dahin erklärt, daß die Tröpfchen nicht wirklich schweben, sondern mit geringer Geschwindigkeit fallen."

Wie Dr. Conrad zeigt, erhält man für einen Tropfen von 0,01 *mm* Radius theoretisch eine Fallgeschwindigkeit von 1 *cm* pro Sekunde.

Ein solcher Tropfen würde also anderseits durch einen aufsteigenden Luftstrom von 1 *cm* in Schwebe pro Sekunde gehalten werden.

„Man sieht demnach, daß ein Wolkenelement in ruhender Luft ungemein langsam fällt, solange es sich nicht vergrößert. Es würde etwa $2^3/_4$ Stunden brauchen, um eine Schicht von 100 *m* Dicke zu durchfallen. Mit wachsendem Radius wächst die Fallgeschwindigkeit mit dem Quadrate des Radius, so daß ein Tropfen von 0.1 *mm* Radius bereits eine Geschwindigkeit von 1 *m* pro Sekunde erlangen würde; aber immerhin in einer 1000 *m* dicken Wolkenschicht noch etwa 15 Minuten bleiben würde — ein Resultat, das für die Erklärung der Regenbildung sicherlich nicht ohne Wichtigkeit ist.

Wächst der Tropfenradius über eine gewisse Größe hinaus, so hört die lineare Proportionalität des Luftwiderstandes und der Geschwindigkeit auf, und man muß den Luftwiderstand proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit setzen. Die Fallgeschwindigkeit wird also mit wachsendem Tropfenradius viel langsamer zunehmen.

Wenn wir uns von der Konstitution der Wolken ein klares Bild machen wollen, so ist hierzu die Kenntnis dreier Größen notwendig: 1. Die Masse des Einzeltropfens (Radius); 2. die Fallgeschwindigkeit desselben; 3. die Zahl der Tropfen im Kubikzentimeter.

Während die ersten zwei Größen im vorigen behandelt worden sind, läuft die Kenntnis der Zahl der Tropfen auf die Frage nach dem Gehalte der Wolken an flüssigem Wasser hinaus, da ja die Masse des Einzeltropfens als bekannt anzunehmen ist.

Der Gehalt einer Wolke an flüssigem Wasser wurde nach Hann von Schlagintweit, Dines, Fugger und Pernter gemessen. Da bei diesen Messungen sich die angewandten Methoden bei Wiederholung der Versuche nicht vollkommen zweckmäßig erwiesen, hat der Verfasser mittels anderer Versuchsanordnungen bei einer Anzahl Messungen den Wassergehalt der Wolken in der Größenordnung von Grammen pro Kubikmeter gefunden. Die dichtesten untersuchten Wolken enthielten 5 *g* pro Kubikmeter. Ausnahmslos ergaben sämtliche Messungen das Resultat, daß der Gehalt der Wolke an gasförmigem Wasser jenen an flüssigem Wasser immer übersteigt.

Aus der so ermittelten Größe für den Wassergehalt ergibt sich die Zahl der Tropfen im Kubikmeter Wolke ($r = 0.01$ *mm*) zu tausend Millionen. Im

Kubikzentimeter befinden sich danach 1000 Tropfen. Der mittlere Abstand der einzelnen Tropfen voneinander ergibt sich also bei einer regelmäßig gedachten Anordnung zu etwa 1 *mm*...

Die Frage nach der Bildung der ersten Kondensationselemente gestaltete sich äußerst schwierig, nachdem Coulier und Mascart nachgewiesen hatten, daß zur Kondensation Sättigung und Übersättigung nicht genügt, sondern Kondensationskerne vorhanden sein müssen, an denen die Kondensation stattfindet.

Lord Kelvin hat diese Beobachtungstatsachen durch die Theorie gestützt, indem er zeigte, daß man nicht von einem absoluten Sättigungswerte sprechen kann, sondern daß derselbe bei einer und derselben Temperatur über konkaven Flächen kleiner als über ebenen, über ebenen kleiner als über konvexen Flächen ist. Wenn sich also auch kernlose Tropfen, die man sich von molekularer Größenordnung denken müßte, bilden würden, so müßten dieselben infolge ihrer starken Krümmung sofort wieder verdampfen.

Aitken und eine große Reihe anderer Forscher haben nun nachgewiesen, daß die Atmosphäre wirklich eine ungeheure große Anzahl von Kondensationskernen in Form von Staub enthält. Freilich gilt dies nur von den untern Schichten.

Denkt man sich diese Staubkerne als mit ebenen Begrenzungsflächen begabte Körperchen, so würde hier die Schwierigkeit der Bildung der ersten Tropfen wegfallen.

Nun hat aber Aßmann bei seiner mikroskopischen Untersuchung der Nebeltropfen sich bemüht, die bei der Verdunstung rückständigen Staubkerne direkt zu sehen. Dies ist nicht gelungen. Aßmann schließt hieraus, daß die Staubkerne kleiner als 0.00025 *mm* sein müssen. Wenn also auch an diesen Teilchen die erste Kondensation stattfindet, so erhalten wir immer erst noch Tropfen von äußerst kleinem Radius, deren Beständigkeit nach dem Vorhergesagten nicht ohne weiteres sicher ist.

Es hat nun H. Mache mit Hilfe der Kelvinschen Theorie eine Beziehung aufgestellt, mittels deren man bei gewissen Annahmen den Radius des kleinsten Tropfens berechnen kann, der gerade nicht mehr verdampft, sondern einer Vergrößerung durch weitere Kondensation fähig ist."

Auf diese Rechnung kann hier nicht näher eingegangen werden; Dr. Conrad teilt sie übrigens mit und findet, daß mit steigender Übersättigung immer kleinere Tropfen möglich sind. Für die untern Schichten können wir schließen, daß es dort keine Tropfen gibt, die kleiner als 0.0002 *mm* sind. Bei steigender Temperatur wird es in einem und demselben Niveau leichter zur Wolkenbildung kommen. „Aus dieser Rechnung," fährt Dr. Conrad fort, „kann man einiges über die Wolkenbildung erschließen. Wenn Mache zu dem Schlusse kommt, daß die Rolle der Kondensationskerne für die Regenbildung nur dem Staube in der Atmosphäre zukommt, so muß man diese Meinung doch mit einer gewissen Reserve hinnehmen. Während nämlich der kleinste kritische Radius 0.00024 *mm* war, scheint Aßmann festgestellt zu haben, daß die Staubkerne unter der Größe von 0.00025 *mm* waren. Staub, der unter der oben genannten Grenze liegt, wird sich für die Bildung der ersten Kondensationsprodukte nicht eignen, da die sich bildenden Tropfen in Übersättigungen, die nur mit halbwegiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden können, sofort verdunsten müßten.

Man wird also in erster Linie nur die Kondensation des Wasserdampfes aus relativ großen Staubkernen zugestehen können, wie sie wohl beim Bodennebel im allgemeinen und im besondern beim Stadtnebel sicher vorkommen. Auch vulkanischer Staub, dessen quantitative Rolle in der Atmosphäre freilich ganz unentschieden ist, hätte nach Pernter geeignete Dimensionen, um als Kondensationskerne zu dienen, nämlich $r = 0.0001$ *mm*.

Eine Art der „Staubkerne" muß man aber hier ausnehmen. Es sind dies die Salzkerne, auf die zuletzt Lüdeling anläßlich seiner luftelektrischen und Staubmessungen an der Nordsee hingewiesen hat, und die nach seinen Beob-

achtungen bei Ebbe und schönem Wetter zu Hunderttausenden im Kubikzentimeter Luft vorkommen. Auch Melander hat schon früher auf das zahlreiche Vorkommen der Salzkerne in der Luft hingewiesen.

Es haben nämlich Helmholtz und Aitken nachgewiesen, daß zwischen den Partikeln von Salmiaknebeln, Schwefelnebeln usw. und den Wassermolekeln chemische Attraktionskräfte wirksam sind, so daß der Eintritt solcher Partikel in einfach gesättigte Luft Anlaß zu Kondensation geben kann. Helmholtz findet sogar, daß die so entstandenen Tröpfchen weiter bestehen, wenn auch der Versuchsraum nicht mehr gesättigt ist, und nennt diese Nebel die permanenten Nebel. Helmholtz weist auch schon auf die Bedeutung dieses Experimentes für die Erklärung der Stadtnebel hin, bei denen effektiv oft die Sättigung nicht erreicht wird. Wenn man nun den Salzkernen ähnliche Eigenschaften zuschreiben kann, was ja recht plausibel erschiene, so würden gerade diese Salzkerne die wirksamsten und verbreitetsten Kondensationskerne darstellen, da die auf ihnen gebildeten Tropfen infolge der chemischen Affinität zwischen den Kernen und den Wassermolekeln nicht dem sofortigen Verdampfen preisgegeben wären. Durch die Annahme der Salzkerne wäre auch die Atmosphäre über den ungeheuern Meeresflächen, die ja Dreiviertel der Erdoberfläche ausmachen, mit wirksamen Kondensationskernen versorgt.

Es scheint also, daß diesen Salzkernen eine recht große Bedeutung für die Bildung der ersten Kondensationsprodukte in den untern Schichten der Atmosphäre zukommt. Nun hat aber Lüdeling bei zwei seiner Ballonfahrten Staubzählungen vorgenommen und in Höhen über 3000 *m* bei scheinbar aufsteigendem Luftstrome verschwindend kleinen Staubgehalt gefunden. Hier setzt natürlich eine große Schwierigkeit ein, über die jedoch die Ionenforschung hinweg zu helfen scheint. Es hat C. T. R. Wilson gezeigt, daß auch in ganz staubfreier Luft Kondensation stattfinden kann, wenn Übersättigung und Ionen vorhanden sind. Damit die Kondensation an den negativen Ionen stattfindet, muß eine vierfache, damit dieselbe an den positiven Ionen stattfindet, eine etwa sechsfache Übersättigung vorhanden sein. Sind diese Bedingungen vorgegeben, dann bilden sich an den Ionen Tropfen, deren Größe der Macheschen Theorie gemäß freilich genügend wäre, um sich dann auch im nur wenig übersättigten Raume weiter zu entwickeln. Nach den Messungen von J. J. Thomson, P. S. Townsend, K. Przibram und J. Nabl beträgt die Größe solcher Urtropfen 0.00038 bis 0.00045 *mm*. Man hätte es hier also von vornherein mit „lebensfähigen" Tropfen zu tun, die noch außerdem durch die Kontaktenergie der Ionen auf die Wasserdampfmolekeln gegen sofortiges Verdampfen bei einpunktigen Temperaturänderungen geschützt sind.

Auch der Zahl nach würden die Ionen als Nuclei für die höhern Schichten der Atmosphäre genügen, indem H. Ebert für die Schichten von etwa 3000 *m* die Größenordnung von 1000 Ionen pro Kubikmeter findet; dies ist aber gerade auch die Größenordnung der Tropfenzahl im Kubikzentimeter Wolke.

So schön diese Hypothese viele Erscheinungen erklärt, werden wir uns doch fragen müssen, ob es in der freien Atmosphäre so leicht zu so abnormen Übersättigungen wird kommen können, und es wirklich möglich ist, daß ein gesättigter Luftstrom „ohne jede Kondensation etwa 1800 *m* emporsteigt", um die absolut notwendige vierfache Übersättigung zu erreichen, trotzdem es immer Staubkerne geben wird, die unten durch ihre Kleinheit noch nicht tauglich zur Kondensation waren, bei etwas größerer Übersättigung es aber werden, so daß man sich hier wohl einen kontinuierlichen Vorgang denken könnte.

Schließlich scheint noch eine Beobachtungstatsache gegen starke Übersättigungen zu sprechen; daß nämlich der Gehalt an flüssigem Wasser einer Wolke gegen jenen an gasförmigem bei weitem zurücksteht. In der freien Atmosphäre liegen wohl die Verhältnisse etwas anders als auf Berggipfeln, aber dennoch wäre dieser Umstand einigermaßen zu berücksichtigen."

Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Eine Untersuchung hierüber ist von H. Keller veröffentlicht worden[1]), welche das vorhandene Material nach strengen Gesichtspunkten prüft und verwertet, wobei allerdings das große Hellmansche Werk nicht mehr nach seiner ganzen Bedeutung ausgenutzt werden konnte. Aber auch so ist die Kellersche Untersuchung von hohem Werte.

„Die alte Handwerksregel, sagt der Verfasser, wonach ein Drittel des Niederschlages zum offenen Abflusse gelangen, ein zweites Drittel durch Verdunstung verloren gehen, und das letzte Drittel versickern soll, ist noch nicht ganz außer Kurs gesetzt, obgleich sie mit den Ergebnissen der genauern Untersuchungen schlecht übereinstimmt. Weil vom versickerten Wasser ein wesentlicher Teil in Quellenform zum Abflusse kommt, der Rest durch Bodenverdunstung und Pflanzenleben als Wasserdampf ausgeschieden wird, ist die Versickerung nur eine Übergangsform im Kreislaufe des Wassers. Um das Verhalten des Kreislaufes kennen zu lernen, wäre die Messung der mittlern jährlichen Abflußhöhe und Verdunstungshöhe nötig. Da sich aber den Verdunstungsmessungen große Schwierigkeiten in den Weg stellen, ist die Messung der abfließenden Wassermengen, aus denen die Abflußhöhen ermittelt werden, um so wichtiger. Mit der erforderlichen Genauigkeit lassen sich indessen die Abflußmessungen nur dort bewirken, wo längere Reihen von Wasserstandsbeobachtungen vorhanden sind und befriedigend nachgewiesen ist, welche Beziehungen zwischen dem Wasserstande und der Abflußmenge bestehen. Eine diese Beziehungen verzeichnende Abflußmengenlinie muß auf sorgfältigen Messungen der bei verschiedenen Wasserständen abfließenden Mengen beruhen. Man tastet im Dunkeln und täuscht sich selbst, wenn nach vereinzelten Messungsergebnissen eine über die ganze Pegelhöhe reichende Linie entworfen wird, die hernach als Grundlage für wichtige Schlußfolgerungen dient. Auch auf die Genauigkeit der Messungen selbst haben manche Untersuchungen zu wenig Wert gelegt und hierdurch an ihrer Überzeugungskraft eingebüßt."

Die Untersuchung erstreckt sich zunächst auf die vergleichende Darstellung der Beziehungen, die im Jahresmittel zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in verschiedenen Flußgebieten bestehen.

Verfasser betont, daß man bei Betrachtung der mittlern Abflußhöhe eines Flußgebietes innerhalb einer genügend langen Jahresreihe von den Verschiebungen absehen könne, die im Kreislaufe des Wassers dadurch verursacht werden, daß ein Teil der Niederschläge erst nach vorheriger Versickerung verspätet zum Abflusse oder zur

[1]) Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Besondere Mitteilungen 1 Nr. 4. Berlin 1906.

Verdunstung kommt. In einem einzelnen Abflußjahre werde nicht alles Wasser, das in Dampfform vom Meere her auf das Festland gelangt ist, wieder zurückgeführt, sondern je nach der Beschaffenheit des Gebietes und nach der Stellung des Abflußjahres in der Flucht der Jahre mehr oder weniger. Der Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluß ($x - y = z$) sei in verschiedenen Jahren verschieden groß, je nach der Größe der Verdunstung einesteils, der Zunahme oder Abnahme des unterirdisch aufgespeicherten Wasservorrates andernteils. Wenn aber die mehrjährige Reihe genügende Länge habe, um in letzterer Hinsicht das Zuviel der abflußreichen Jahre gegen das Zuwenig der abflußarmen Jahre auszugleichen, lasse sich der Unterschied z als mittlere Verdunstungshöhe auffassen.

„Je größer die mittlere Niederschlagshöhe einer Landfläche im Vergleiche zur mittlern Abflußhöhe ist, um so häufiger vollzieht sich innerhalb dieser Fläche ein Wechsel zwischen der flüssigen oder festen Erscheinungsform des Wassers und seiner Dampfform. Die vom Meere zugeführten und auf dem Festlande kondensierten Massen des Wasserdampfes müssen nach ihrer Verdunstung abermals niedergeschlagen werden, und diese Umwandlung muß sich in den meisten Gebieten mehrfach wiederholen, da die Niederschlagsmassen gewöhnlich mehrfach größer als die Abflußmassen sind.

Das Abflußverhältnis der festen Erdoberfläche nach Abzug der abflußlosen Gebiete ist auf etwa 25 bis 30% ermittelt worden. Im einzelnen wird seine Größe von den klimatischen Verhältnissen und der Sonderbeschaffenheit eines jeden Stromgebietes bedingt. Diese spiegeln sich deutlich im Abflußverhalten seiner Gewässer ab, und Wojeikof hat schon darauf hingewiesen, daß ein großer Strom das Mittel aus den klimatischen Einwirkungen seines Stromgebietes wiedergibt. Da Mitteleuropa nicht durch einen einzigen großen Strom entwässert wird, sondern durch zahlreiche Ströme und Flüsse, so würde sich das Mittel nur bilden lassen, wenn man die Summen der zusammengehörigen Zahlenwerte für alle diese Gewässer und ihre Niederschlagsgebiete miteinander vergleicht. Mit Rücksicht auf die geringe Bedeutung der weitaus meisten Küstenflüsse genügt es aber, den Vergleich auf die wichtigsten Gewässer und Stromgebiete zu beschränken.

Für die in Ost- und Nordsee mündenden Ströme Memel, Pregel, Weichsel, Oder, Elbe, Weser und Ems liefern unsere Strombeschreibungen den größten Teil der erforderlichen Angaben. Nach Vornahme der notwendigen Ergänzungen können wir näherungsweise feststellen, wie groß die mittlern jährlichen Abflußmassen und die entsprechenden Niederschlagsmassen jener Stromgebiete bis zu den unweit ihrer Mündungen gelegenen Meßstellen sind. Hieraus ergeben sich Näherungswerte für die mittlere Abfluß- und Niederschlagshöhe der Landfläche, die das nördliche Mitteleuropa mit Ausnahme eines Streifens längs der Meeresküsten umfaßt. Durch

Hinzufügung gleichartiger Angaben für das Gebiet des Rheines bis zur Meßstelle bei Köln und für das Gebiet der Donau bis zur Meßstelle bei Wien gewinnen wir einen Überblick über Abfluß und Niederschlag, mithin auch über die Verdunstung einer 834300 *qkm* großen Landfläche, die sich über den weitaus größten Teil Mitteleuropas erstreckt. Die einstweilen untunliche Einbeziehung der hierbei nicht berücksichtigten Flächen, hauptsächlich der Küstenflußgebiete, der niederrheinischen Flußgebiete und des Marchgebietes, würde voraussichtlich am Ergebnisse wenig ändern. Man darf daher die Untersuchung als gültig für das gesamte Mitteleuropa ansehen, unter welcher Bezeichnung wir zusammenfassen: Deutschland, Westrußland, Österreich und die Schweiz bis zum Kamme der Hauptkette der Alpen."

Ohnehin kann es sich, wie Keller betont, vorläufig nur um einen Überblick handeln, da zu einem streng richtigen Vergleiche die Unterlagen nicht genau und gleichwertig genug sind.

Das von Keller benutzte Material beruht hauptsächlich auf den großen amtlichen Strombeschreibungen und bezieht sich auf 40jährige Beobachtungsreihen (1851 bis 1890). Die folgende von ihm berechnete Tabelle gibt an, wie groß die aus den mittlern jährlichen Niederschlags- und Abflußmassen der oben genannten Stromgebiete abgeleiteten mittlern Niederschlagshöhen (x) und Abflußhöhen (y) der Ostgruppe (Memel, Pregel, Weichsel), der Übergangsgruppe (Oder, Elbe), der Westgruppe (Weser, Ems), der Alpenstromgruppe (Rhein, Donau), des nördlichen Mitteleuropa und des gesamten Mitteleuropa sind. Die folgende Spalte enthält Angaben über die mittlere Verdunstungshöhe ($z = x - y$), die letzte Spalte die in runden Zahlen mitgeteilten Größen der Gebietsflächen bis zu den Meßstellen der Abflußmassen. Diese Stellen liegen am Memelstrome bei Tilsit unterhalb der Juramündung, am Pregel bei Tapiau oberhalb der Stromteilung, an der Weichsel bei Pieckel oberhalb der Stromteilung, an der Oder bei Hohensaathen unterhalb der Warthemündung, an der Elbe bei Artlenburg oberhalb der Tidegrenze, an der Weser bei Baden unterhalb der Allermündung, an der Ems bei Meppen unterhalb der Hasemündung, am Rhein bei Köln und an der Donau bei Wien.

Gebietsgruppe	Niederschlagshöhe x in *mm*	Abflußhöhe y in *mm*	Verdunstungshöhe z in *mm*	Gebietsfläche *qkm*
Ostgruppe (Memel, Pregel, Weichsel)	605.5	169.5	436.0	297 900
Übergangsgruppe (Oder, Elbe) .	595.2	154.5	440.7	244 400
Westgruppe (Weser, Ems) . . .	716.1	252.5	463.6	46 100
Nördliches Mitteleuropa	609.9	169.7	440.2	588 400
Alpenstromgruppe (Rhein, Donau)	962.4	501.8	460.6	245 900
Gesamtes Mitteleuropa	713.8	267.6	446.2	834 300

Das Detail der sehr umfangreichen Rechnungen Kellers kann hier nicht weiter spezialisiert werden, wir wenden uns vielmehr direkt zu den Ergebnissen seiner Untersuchung, die er mit folgenden Ausführungen gibt: „Auf Grund der Niederschlags- und Abflußmessungen in den wichtigsten Stromgebieten ist ein Abflußgesetz ermittelt worden, das für das Durchschnittsverhalten der aus Flachland, Gebirgsland und Hochgebirge bestehenden mitteleuropäischen Gebiete bestimmte Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Jahresmittel festlegt. Die Erwägung, daß im Mittel einer genügend langen Jahresreihe Ausgabe und Einnahme für ein beliebiges Flußgebiet gleich groß sein müssen, hat ferner dazugeführt, die mittlere Abflußhöhe als gleichwertig mit der Meereszufuhr anzusetzen und den Niederschlag x als Summe von Meereszufuhr m und Landverdunstung l zu betrachten. Beim Durchschnittsverhalten entsprechen jedem Werte von m bestimmte Werte von l und x. Die Meereszufuhr wächst rasch mit der Gunst der Kondensationsbedingungen. Mit der wachsenden Meereszufuhr nimmt die Landverdunstung in geringem Maße, die Niederschlagshöhe in großem Maße zu. Dementsprechend findet, wenn die Niederschlagshöhe bekannt ist, und die Abflußhöhe gesucht wird, eine rasche Zunahme der Abflußhöhe mit der wachsenden Niederschlagshöhe statt. Jedoch übertragen sich die durch das Sonderverhalten der Gebiete erzeugten Abweichungen der Landverdunstung vom Durchschnittsverhalten im gleichen Sinne und in gleicher Größe auch auf die Niederschlagshöhe, nämlich auf die Summe von Landverdunstung und Meereszufuhr.

Infolge dieser Abweichungen ändert sich für die Einzelgebiete die Zusammensetzung der Niederschlagshöhe gegen das vom durchschnittlichen Abflußgesetze bezeichnete Verteilungsmaß. Einer bestimmten Meereszufuhr entspricht bei Gebieten mit zu kleiner Landverdunstung eine kleinere Niederschlagshöhe als nach dem Durchschnittsverhalten, bei zu großer Landverdunstung eine größere Niederschlagshöhe. Das Verhältnis zwischen Meereszufuhr und Niederschlagshöhe, gleichbedeutend mit dem Abflußverhältnisse des Gebietes, übertrifft mithin bei Gebieten mit zu kleiner Landverdunstung den durchschnittlichen Betrag, bleibt dagegen bei Gebieten mit zu großer Landverdunstung hinter diesem Betrage zurück. Die verdunstungsarmen Gebiete besitzen also ein gegen den Durchschnitt zu großes, die verdunstungsreichen Gebiete ein zu kleines Abflußvermögen.

Die Größe der Meereszufuhr richtet sich nach den Kondensationsbedingungen für den durch größere Luftströmungen auf das Festland getragenen und dort weiter verbreiteten ozeanischen Wasserdampf. Beim Aufsteigen an dem windseitigen Abhange einer Bodenerhebung wird um so mehr Regen ausgeschieden, je mehr sich das Höhenland über das niedrige Vorland erhebt. Die kondensierte

Wassermasse wächst an der Luvseite mit der Seehöhe, was auf der Leeseite nicht oder nur in geringem Maße geschieht. Ferner ist die Meereszufuhr bei den zuerst vom vorherrschenden Regenwinde getroffenen Bodenerhebungen verhältnismäßig größer als bei den weiter zurückliegenden, am größten jedoch bei den als Wetterfänge wirkenden Hochgebieten und an der Alpenmauer, die den Luftaustausch nach Süden verhindert.

Beim Vergleiche der verschiedenen Gebiete kommt ihre mittlere Höhenlage im Sommerhalbjahre mehr zur Geltung als in der kalten Jahreshälfte. Das Flachland erhält im Sommer meist eine sehr geringe, das Gebirgsland eine größere und in den höhern Teilen recht große, das Hochgebirge die größte Meereszufuhr. Der Gegensatz zwischen Flachland und den Wetterfängen des Gebirges wird in der verdunstungsreichen Jahreshälfte verschärft durch Entziehung des landverdunsteten Wasserdampfes aus dem niedrigen Vorlande und Zuführung zu den Gebieten mit günstigen Kondensationsbedingungen. Im Winterhalbjahre, in dem das Kondensationsniveau niedriger liegt, verschiebt sich das Verhältnis einigermaßen zum Vorteile der minder hohen westlichen und nördlichen Bodenerhebungen, die bei den während dieser Jahreszeit im Norden Mitteleuropas am häufigsten auftretenden großen atmosphärischen Wirbeln, den ozeanischen Wasserdampf aus erster Hand empfangen. Die das Hochgebirge im Sommerhalbjahre östlich umgehenden atmosphärischen Wirbel verstärken bei den östlichen Gebirgen die sommerliche Meereszufuhr.

Die Größe der Landverdunstung, d. h. des im Gebiete verdunsteten und wieder niedergeschlagenen Wasserdampfes richtet sich einesteils nach den Verdunstungsbedingungen, andernteils nach Größe und Verteilung der Meereszufuhr, die den Stoff für die Verdunstung liefert. Nach der Meereszufuhr stuft sich das überall ziemlich geringe Maß in der kalten Jahreshälfte ab, so daß die winterliche Landverdunstung mit den bessern Kondensationsbedingungen von Norden nach Süden, vom Flachlande zum Hochgebirge zunimmt. In der warmen Jahreshälfte bekämpfen sich jedoch die nahezu gleichstarken Einwirkungen der Meereszufuhr, die eine Zunahme in entgegengesetzter Richtung verursachen möchten; die Temperaturwirkung behält in schwachem Maße das Übergewicht. Im Jahresmittel gleichen sich die einander bekämpfenden klimatischen Bedingungen derart aus, daß beim Durchschnittsverhalten die Verdunstung mit der wachsenden Meereszufuhr nur ganz langsam zunimmt.

Um so kräftiger macht sich bei der Landverdunstung die Sonderbeschaffenheit der Einzelgebiete geltend, die erhebliche Abweichungen vom Durchschnittsverhalten hervorruft. Unter sonst gleichen Verhältnissen der Temperatur und Meereszufuhr ist das Maß der durch Verdunstung im Gebiete selbst erzeugten, bei örtlich aufsteigender Luftbewegung kondensierten Niederschläge um so kleiner, je bessern

Schutz die Gebietsfläche gegen Verdunstung gewährt. Das in flüssiger oder fester Form niedergeschlagene Wasser kann gegen Rückkehr in Dampfform bei Hochgebieten durch raschen Abfluß aus dem Gebiete über die Meßstelle der Abflußmengen hinweg geschützt werden. Einen mehr oder weniger wirksamen Schutz bietet bei umfangreichen Gebietsflächen die Aufspeicherung des in den durchlässigen Boden versickerten Wassers, das die unterirdischen Wasservorräte vermehrt, oder die Ansammlung des Schnees in ausgedehnten Schneefeldern, namentlich im vergletscherten Hochgebirge. Die Oberflächengestalt und Durchlässigkeit des Bodens nebst den klimatischen Besonderheiten eines Gebietes bedingen daher vorzugsweise die Größe der Landverdunstung, die im Flachlande gewöhnlich geringer als im Gebirgslande, in Meeresnähe kleiner als bei Annäherung an das Festlandsklima ist.

Für die jahreszeitliche Verteilung der Niederschlagshöhe ergibt sich hieraus folgende Regel: Beim Durchschnittsverhalten nimmt die Niederschlagshöhe in der kalten Jahreshälfte mit der wachsenden Meereszufuhr erheblich schneller zu als in der warmen Jahreshälfte. Denn für die in Mitteleuropa hauptsächlich in Betracht kommenden Werte der halbjährlichen Meereszufuhr und Landverdunstung ist im Winterhalbjahre der Anteil der Meereszufuhr am Niederschlag größer als derjenige der Landverdunstung. Dagegen bildet im Sommerhalbjahre die Meereszufuhr einen kleinern Anteil des Niederschlages als die Landverdunstung, und zwar fällt er um so kleiner aus, je geringer die sommerliche Meereszufuhr und die sommerliche Niederschlagshöhe ist. Bei denjenigen Gebieten, die ihre Meereszufuhr hauptsächlich im Sommerhalbjahre zur Zeit der stärksten Landverdunstung erhalten (Hochgebiete des östlichen Gebirgslandes, Alpenflußgebiete) lassen sich aus der jahreszeitlichen Verteilung des Niederschlages keine Rückschlüsse auf die Größe der Meereszufuhr ziehen. Wohl aber deutet bei denjenigen Gebieten, die sie vorzugsweise im Winter empfangen (namentlich im nördlichen Mitteleuropa), das stärkere Hervortreten des winterlichen Niederschlages auf ein günstiges Verhältnis zwischen Meereszufuhr und Landverdunstung hin. Nach den obigen Hinweisen bietet die Heranziehung der Abflußhöhen, die das Maß der halbjährlichen Meereszufuhr einzuschätzen gestatten, ein Hilfsmittel zur Beurteilung der Erscheinungen, die uns durch die meteorologischen Beobachtungen bekannt sind. Anderseits erlaubt die aus diesen Beobachtungen hervorgehende jahreszeitliche Verschiedenheit des Niederschlages in manchen Fällen Rückschlüsse auf die Beurteilung des Abflußvermögens eines Gebietes.

Wir haben ferner gesehen, daß beim Durchschnittsverhalten der mitteleuropäischen Stromgebiete ein mittlerer Jahresniederschlag von 916 *mm* zu gleichen Teilen aus Meereszufuhr und Landverdunstung zusammengesetzt ist. Bei Gebieten mit kleinerer

Niederschlagshöhe vergrößert sich der Anteil der Meereszufuhr mit der zunehmenden Niederschlagshöhe rasch. In Flußgebieten mit weniger als 916 *mm* mittlerm Jahresniederschlage überwiegt durchschnittlich die Landverdunstung, hängt also die Höhe des Jahresniederschlages vorzugsweise von den Verdunstungsbedingungen ab. In Flußgebieten mit mehr als 916 *mm* mittlerm Jahresniederschlage überwiegt durchschnittlich die Meereszufuhr, hängt also die Höhe des Jahresniederschlages vorzugsweise von den Kondensationsbedingungen des ozeanischen Wasserdampfes ab. Zur erstgenannten Gruppe gehören im allgemeinen die Gebiete des Flachlandes und die ausgedehntern Gebiete des Gebirgslandes. Zur letztgenannten Gruppe gehören im allgemeinen die Hochgebiete des Gebirgslandes und die Alpenflußgebiete.

Während bei den ältern Untersuchungen über die Abflußerscheinungen die Sonderbeschaffenheit der einzelnen Flußgebiete und ihre Einwirkung auf das Abflußverhältnis zu einseitig betrachtet wurde, sind die neuern Untersuchungen meist in den umgekehrten Fehler verfallen und haben der Beziehung zum mittlern Jahresniederschlage eine zu weit gehende Bedeutung beigemessen. Als ein Ergebnis unserer eigenen Arbeit erachten wir den Nachweis, daß die Errungenschaften der ältern und neuern Forschungen miteinander vereinbar sind, wenn man auf beide eine Betrachtungsweise anwendet, die zu unterscheiden gestattet, was allgemeine Gültigkeit hat, und was nur für den einzelnen Fall zutrifft.

Die zum Gemeingute der physikalischen Geographie gewordenen Sätze, daß die Ströme das Mittel aus den klimatischen Zuständen ihrer Stromgebiete widerspiegeln, sowie daß Gleichgewicht besteht zwischen der Zufuhr ozeanischen Wasserdampfes und dem in das Meer zurückgebrachten Abfluß, bilden die Grundlagen unserer Untersuchung. Sie haben dazu geführt, aus den Ermittlungen über die Abflußerscheinungen der mitteleuropäischen Stromgebiete ein für ihre Gesamtheit beim Durchschnittsverhalten gültiges Abflußgesetz abzuleiten, das in den klimatischen Verhältnissen Mitteleuropas seine Begründung findet. Die Betrachtung des mittlern Jahresniederschlages und der halbjährlichen Niederschläge als Summen der gleichzeitigen Meereszufuhr und Landverdunstung hat den Überblick erleichtert über die Ursachen, die das abweichende Verhalten der Einzelgebiete bedingen.

Für die Lösung der Aufgabe, aus der bekannten Niederschlagshöhe eines Flußgebietes die unbekannte Abflußhöhe oder das Abflußverhältnis zu finden, kann man sich der bildlichen Darstellungen oder der ihnen zugrunde liegenden Formeln bedienen. Sie geben an, wie groß durchschnittlich die jener Niederschlagshöhe entsprechende Abflußhöhe und das Abflußverhältnis bei den mitteleuropäischen Flußgebieten ist. Ferner zeigen sie, bis zu welchen Grenzen eine durch das Sonderverhalten eines Gebietes bedingte Abweichung

sich bewegen kann. Auch die jahreszeitliche Verschiedenheit des Niederschlages läßt sich unter gewissen Bedingungen zu dieser Einschätzung verwenden.

Die Zahlenwerte, die bei unserer Untersuchung benutzt worden sind, machen auf Zuverlässigkeit in strengem Sinne keinen Anspruch. Vielmehr handelt es sich um Näherungswerte, die genau genug ermittelt sind, um ein Bild der Abflußerscheinungen in großen Zügen zu entwerfen. Die Gesichtspunkte, von denen die Darstellung ausgeht, sind jedoch unabhängig von der Genauigkeit der Zahlen."

Die zonenweise Verteilung des Niederschlages ist von Dr. F. v. Kerner studiert worden.[1]) Das vorhandene Material an Beobachtungen der Regenverhältnisse ist noch sehr unzulänglich, und Messungen liegen nur bezüglich der Landflächen vor. Man kann sonach für die Niederschlagshöhe überhaupt noch keine Zonen- und Hemisphärenmittel in dem Sinne wie für die Luftwärme und den Luftdruck bilden. Es bieten aber immerhin schon Schätzungen der Regenhöhe für die festländischen Anteile der Erdgürtel Interesse.

Der erste diesbezügliche Versuch wurde von John Murray gemacht, und zwar auf Grund der Karte von Loomis, die ihrerseits das erste, für seine Zeit fast kühne Unternehmen war, die Niederschlagsverteilung auf dem Gesamtfestlande der Erdoberfläche kartographisch darzustellen. Die mit Benutzung des seither reichlich angewachsenen Beobachtungsmaterials konstruierte verbesserte Regenkarte von Supan lud dazu ein, John Murrays Versuch auf neuer Grundlage zu wiederholen.

Diese Karte der Verteilung der mittlern jährlichen Regenmenge[2]) enthält sechs Stufen, von denen die ersten vier je 250 *mm* hoch sind, so daß sich als Durchschnittswerte 125, 375, 625 und 875 *mm* ergeben, die fünfte von 1000 bis 2000 *mm* reicht (Durchschnitt 1500 *mm*), und die letzte alle Regenhöhen über 2000 *mm* in sich schließt. Unter der Annahme eines gleichmäßigen Anstieges der zwei obersten Stufen wurde für die letzte 2500 *mm* eingesetzt. Für den ostindischen Archipel, der unter den der obersten Stufe zugeteilten Regionen wegen der sehr großen Zahl und langen Funktionsdauer seiner Regenstationen für die Frage am meisten maßgebend ist, ward ein Gesamtdurchschnitt von 252 *cm* angenommen. Für Assam (nebst Ostbengalen) findet man nach v. Bebber 265 *cm*, nach Blanford 239 *cm* angegeben, was im Durchschnitte ebenfalls 252 *cm* ausmacht.

Für das auf Supans Karte in Südamerika der Stufe 6 zugezählte Amazonasgebiet würde man aus den freilich sehr kurzen Beobachtungen zu Manaos, Iquitos und San-Antonio als allerdings höchst provisorisches Mittel 236 *cm*, für Guyana im Mittel aus Georgetown, Paramaribo und Cayenne 247 *cm* erhalten. Die weit

[1]) Mitt. d. K. K. Geogr. Ges. in Wien 1907 p. 139.
[2]) Petermanns Erg.-Heft 124.

über 250 *cm* betragenden Regenhöhen der Westküsten Vorder- und Hinterindiens beschränken sich auf relativ schmale Landstriche und kämen zunächst als Kompensation für allenfalls unter 250 *cm* zurückbleibende größere Gebiete in Betracht; doch wird 2500 *mm* als schätzungsweiser Gesamtdurchschnitt der Regenhöhe in Supans sechster Zone immerhin noch einen untern Grenzwert darstellen.

Die Ausmessung erfolgte von 5 zu 5° Breite von 70° N. bis 50° S. auf halbe Millimeter genau. Dieser Vorgang entsprang aber nicht dem Bestreben, dem zu gewinnenden Resultate einen Schein von Exaktheit zu verleihen, welcher den der zugrunde gelegten Karte weit übersteigen würde; sie geschah nur zu dem Zwecke, alle jeweilig vorhandenen Intensitätsstufen überhaupt zu berücksichtigen, denn an den Küsten und Gebirgsabhängen drängen sich die Stufen vielerorts so außerordentlich eng zusammen, daß bei einer weniger genauen Ausmessung, als der angewandten, die Vertretung einzelner Stufen gar nicht zur Geltung käme.

Die folgende vom Verfasser gegebene Tabelle enthält in Kolumne I die für die Breitengrade direkt erhaltenen mittlern Regenhöhen, in Kolumne II die ausgeglichenen Werte derselben. In Kolumne III sind die vor kurzem von Bezdek[1]) gleichfalls auf Grund von Supans Regenkarten bestimmten Werte, in Kolumne IV die aus Murrays Zonenwerten durch graphische Interpolation erhaltenen Werte zum

φ	I	II	III	IV	V	VI
70N.	210	226	305	350		
65	317	312			407	400
60	440	431	510	480		
55	516	495			572	590
50	484	499	635	590		
45	524	503			677	610
40	457	490	720	530		
35	557	527			732	590
30	510	544	745	600		
25	632	586			705	730
20	524	641	665	820		
15	1001	969			1037	1020
10	1320	1322	1410	1920		
5	1649	1640			1702	2120
0	1933	1846	1995	1950		
5S	1780	1757			1735	2030
10	1510	1483	1475	1710		
15	1102	1107			1325	1320
20	787	807	1175	750		
25	574	605			987	710
30	515	538	800	660		
35	592	559			747	750
40	500	605	695	940		
45	933	818			745	1130
50	793	812	795	1160		

[1]) Abrégé du B. S. hongroise de G. 1904.

Vergleiche beigefügt. In Kolumne V sind die von Bezdek, in Kolumne VI die von John Murray für die 10°-Zonen, welche von dem betreffenden Breitengrade halbiert werden, mitgeteilten Regenhöhen — letztere in der von Brückner durchgeführten Reduktion auf metrisches Maß — noch angeschlossen.

Die drei verschiedenen Ermittlungen ergeben zum Teile sehr voneinander abweichende Werte. Die von Dr. v. Kerner erhaltenen sind meistenteils die kleinsten. Im übrigen nähern sie sich teilweise mehr denen von Murray, teilweise weit mehr denen von Bezdek. Im ganzen gewinnt man den Eindruck, daß selbst die Grundzüge des Verlaufes der Kurve der zonaren Niederschlagsverteilung noch nicht klargestellt sind. Nur betreffs des Hauptmaximums zeigt sich eine volle Übereinstimmung bezüglich der Lage (am Äquator) und eine ziemlich große Übereinstimmung hinsichtlich des Zahlenwertes (zwischen 1900 und 2000 *mm*). Aber schon betreffs des letzten Anstieges zu diesem Maximum zeigt sich eine große Ungleichheit, indem derselbe nach Murray (besonders auf der Nordseite) sehr sanft von statten geht, nach den neuen Ermittlungen dagegen steil erfolgt, indem für 10° N. und S. schon bedeutend geringere Regenhöhen als für den Gleicher resultieren.

Was den Kurvenverlauf in der nördlich gemäßigten Zone anbelangt, so weichen Murrays und Bezdeks Resultate sehr bedeutend voneinander ab, indem nach ersterm das sekundäre subtropische Minimum auf 40° und das anschließende sekundäre Maximum auf 50° fällt, nach Bezdek dagegen das erstere auf 20°, das letztere auf 30° zu liegen kommt. v. Kerners Ermittlungen weisen vielleicht den Weg, wie hier ein scheinbar schroffer Gegensatz sich ausgleichen muß. Sie liefern auch das a priori ziemlich naheliegende schwache sekundäre Maximum in den mittlern Breiten (bei 50°, beziehungsweise 45°), anderseits lassen sie aber auch einen sehr langsamen Anstieg bis zu 20° erkennen. Eine vermittelnde Rolle kommt seinen Resultaten auch betreffs des südhemisphärischen Kurvenastes zu. Hier liegt das subtropische Minimum nach Murray bei 30°, nach Bezdek bei 40°. Nach v. Kerners Ausmessungen und Rechnungen ergeben sich für 30° und 40° Minimalwerte, von welchen der für 40° der tiefere ist, der für 30° dagegen in der ausgeglichenen Kurve persistiert. Der im ersten Momente befremdliche Umstand, daß der breite Wüstengürtel der alten Welt die Kurve der zonaren Niederschlagsverteilung so minimal beeinflußt, daß er keine Einsenkung und nur eine Stufe im nordhemisphärischen Kurvenaste hervorbringt, erklärt sich — wie ein flüchtiger Blick auf die Karte zeigt — dadurch, daß dieser Gürtel bei seinem Übergange von Afrika nach Asien seine mittlere geographische Breite rasch verändert, daß der Einfluß, den die Sahara auf die Kurve ausüben könnte, durch den entgegengesetzten des in gleichen Breiten liegenden Indiens völlig wettgemacht wird, der Einfluß der zentralasiatischen Wüsten durch das in der-

selben Breite gelegene Mitteleuropa und mittlere Unionsgebiet eine Kompensation erfährt, und daß endlich in jene Breitenzone, in welche die Nordgrenze des afrikanischen und die Südgrenze des asiatischen regenarmen Gebietes fällt, zugleich die sehr regenreichen Golfstaaten zu liegen kommen.

Die für das Gesamtfestland erhaltene zonare Niederschlagsverteilung erweist sich somit als die Resultierende von sehr verschiedenen Verteilungsformen, als eine völlige Abstumpfung von Gegensätzen. Es hat Interesse, die im Gesamtbilde ganz verwischten Eigentümlichkeiten der Niederschlagsverteilung mit der geographischen Breite in verschiedenen Längenregionen festzustellen. Zu dem Zwecke hat v. Kerner nach Supans Karte die mittlere Regenhöhe jedes fünften Breitengrades für Amerika und für den westlichen und östlichen Abschnitt der alten Welt getrennt bestimmt. Als Grenze zwischen diesen beiden Abschnitten wurde der Ural, der Kaspisee und eine von letzterer zum Persischen Golfe gezogene Linie angenommen. Diese Trennung wich somit von einer Scheidung in die Kontinentpaare Europa—Afrika und Asien—Australien insofern ab, als Vorderasien und Arabien noch zum westlichen dieser Kontinentpaare geschlagen wurden.

Die folgende Tabelle enthält die so direkt erhaltenen (H) und die ausgeglichenen Werte (H').

φ	Amerika		Westl. alte Welt		Östl. alte Welt	
	H	H'	H	H'	H	H'
70N.	159	174	595	520	211	214
65	270	292	438	493	311	282
60	493	460	557	550	352	357
55	552	560	639	607	420	382
50	650	648	560	603	298	314
45	737	703	695	638	259	272
40	655	715	544	534	286	316
35	871	820	344	340	463	476
30	829	801	127	170	704	756
25	647	750	125	132	1205	1108
20	980	1005	158	275	1220	1285
15	1438	1345	773	746	1561	1502
10	1432	1484	1254	1202	1607	1777
5	1690	1747	1474	1420	2500	2321
0	2235	2051	1426	1417	2500	2500
5S.	1862	1888	1333	1339	2500	2380
10	1618	1553	1272	1266	1900	1851
15	1050	1203	1183	1088	1054	1103
20	1244	1191	618	712	452	532
25	1173	1145	520	526	250	298
30	963	904	454	501	290	368
35	461	552	625	(625)	723	698
40	415	486	—	—	1031	1038
45	724	676	—	—	1375	(1375)
50	793	771	—	—	—	—

Die Regenarmut der Sahara kommt in der mittlern Doppelreihe der nachstehenden Tabelle scharf zum Ausdrucke; das Subtropenminimum wird hier zum Hauptminimum. Die Wüsten Asiens bedingen aber nur eine flache Depression der zonaren Regenkurve dieses Kontinents. Gleichwohl beeinflußt diese Senkung die Lage des nur angedeuteten sekundären Minimums der Kurve für das Gesamtfestland mehr als das tiefe Minimum Nordafrikas, da ihr eine ähnliche Kompensation fehlt, wie sie letzterm durch das regenreiche Indien erwächst. Das äquatoriale Maximum ist in der Osthälfte des altweltlichen Landkomplexes weit stärker ausgeprägt als in dessen westlicher Hälfte. Hier ist es wenig mehr als doppelt so groß, als das sekundäre Maximum der mittlern Breiten, dort übertrifft es dieses letztere um mehr als das Sechsfache. Die Analyse der zonaren Niederschlagsverteilung auf der südlichen Hemisphäre läßt erkennen, daß das Minimum bei 30° von australischer, das Minimum bei 40° von südamerikanischer Herkunft ist.

Bekanntlich wird die Mitteltemperatur eines Parallelkreises als eine von der geographischen Breite und von der prozentualen Landbedeckung abhängige Größe angesehen. Der festländische Niederschlag erscheint aber in sehr hohem Maße von der Verteilungsart der Landbedeckung abhängig. Allerdings ist es auch für die Temperatur des Festlandsteiles eines Parallels nicht ohne Einfluß, ob er einen einzigen breiten Kontinent oder eine Anzahl von schmalen Landstreifen durchquert. Es wird aber doch die geographische Breite der bestimmende Faktor sein. Beim festländischen Niederschlage tritt dagegen der Einfluß der geographischen Breite zurück gegenüber der Abhängigkeit von der Verteilungsart des Landes. Den äquatorialen Gürtel ausgenommen, sehen wir auf der genannten Regenkarte in allen Breiten zwischen 70° N. und 55° S. alle sechs Regenstufen vertreten, und selbst am Äquator fehlt nur die niedrigste derselben.

Außerhalb des Tropengürtels sind die innern Teile der Kontinente regenarm, und der Regenreichtum ist auf die beiden Ränder (mittleres und nördliches Nordamerika, Eurasien, außertropisches Australien) oder auf einen Rand (südliches Südamerika, Südafrika) und auf benachbarte Inseln (Großbritannien, Japan, Madagaskar) beschränkt. Es wird sonach bei gleicher Landbedeckung im Falle, daß das Land zusammenhängend ist, eine niedrige mittlere Regenhöhe resultieren, im Falle aber, daß das Land zerstückt ist, die mittlere Regenhöhe groß sein, weil dann viele regenreiche Randzonen auftreten und bei zunehmender Verschmälerung der Landgebiete regenarme Regionen überhaupt nicht mehr zur Entwicklung kommen. Es spielt hierbei auch die vertikale Gliederung, der Umstand, ob die Landränder und Inselzüge gebirgig sind, eine ausschlaggebende Rolle. Bei der Ableitung von Temperaturmitteln läßt sich bekanntlich der Einlfuß der vertikalen Gliederung eliminieren oder wenigstens

abschwächen, bei der Bildung von Mittelwerten des Niederschlages bietet sich dagegen diese Möglichkeit nicht. Bezüglich der Temperatur des Festlandsteiles eines Parallels kann so die horizontale und vertikale Gliederung des Landes nur eine kleine Zu- oder Abnahme des durch die geographische Breite bestimmten Mittelwertes verursachen. Beim festländischen Niederschlage hängt es aber in erster Linie von diesen beiden Gliederungen des Landes ab, ob ein hoher oder ein tiefer Mittelwert erzielt wird.

Als Folge dieses Umstandes ergibt sich, daß die für die Festlandsteile der Parallelkreise resultierenden mittlern Regenhöhen überhaupt nicht in dem Sinne miteinander vergleichbar sind, wie die Temperaturmittel dieser Parallelkreisteile. Es folgt ferner, daß die zonare Niederschlagsverteilung, auch wenn sie für den Gesamtumkreis, einschließlich der Ozeane, bekannt wäre, sich nicht in jener einfachen Art wie die zonare Temperaturverteilung als Funktion der geographischen Breite und der prozentualen Landbedeckung darstellen ließe. All dieses bringt es mit sich, daß die Bestimmung von mittlern Regenhöhen für die Breitengrade in meteorologischer Hinsicht ziemlich wertlos ist; es schließt dies aber nicht ein geographisches Interesse aus. Vom geographischen Standpunkte aus ist diese Bestimmung ebenso am Platze, wie die von Mittelwerten solcher Erscheinungen, die man, wie z. B. die vertikale Erhebung der Landmassen, wenn auch nicht absolut, so doch im Vergleiche zu den in einfacher und klarer Abhängigkeit von physikalischen Gesetzen stehenden Phänomenen als zufällige bezeichnen möchte.

Unter den fernern Ermittlungen Dr. v. Kerners sind die in den nachstehenden Tabellen gegebenen von allgemeinem Interesse. Diese Tabellen enthalten zunächst (Nr. 1 bis 6) die mittlern Niederschlagshöhen für die nord- und südhemisphärischen Teile der verschiedenen Kontinentalgebiete und (Nr. 7 bis 9) für den landbedeckten Teil der beiden Hemisphären und der ganzen Erdoberfläche. Da die für die korrespondierenden Teile beider Hemisphären und die für die Hemisphären sich ergebenden Werte — wegen der sehr ungleichen Polwärtserstreckung des Landes zu beiden Seiten des Äquators — nicht vergleichbar sind, erschien es passend, auch die mittlern Niederschlagshöhen der zwischen 0° und 45° eingeschlossenen Teile der verschiedenen Landkomplexe anzuführen (Nr. 10 bis 17). In der alten Welt sind diese letztern Werte auf der Südhemisphäre den vorigen gleich (Nr. 14 = Nr. 5, Nr. 15 = Nr. 6). Es folgen weiter (Nr. 18 bis 26) die mittlern Niederschlagshöhen für die Tropen. Die Grenze zwischen den asiatischen und australischen Tropen ist hier — wie die Einrichtung der Tabelle sofort vermuten läßt — der Äquator. Den Schluß bilden Gesamtmittel der Regenhöhe für die Kontinente (Nr. 27 bis 34). Die Umgrenzung derselben weicht hier nach dem an früherer Stelle Gesagten etwas von der gebräuchlichen ab (Grönland zu Nordamerika, Kleinasien und Armenien zu

Europa, Arabien zu Afrika gezogen). Bezüglich Afrikas erschien es passend, auch die Werte für den nördlich und südlich des Äquators gelegenen Teil zu bringen.

Des Vergleiches wegen seien hier die von Murray auf Grund von Loomis' Regenkarte bestimmten mittlern Niederschlagshöhen der Kontinente angeführt.

Nordamerika	730	Afrika	825
Südamerika	1670	Asien	555
Europa	615	Australien	520

Da die von Dr. v. Kerner für die Breitenkreise erhaltenen Regenhöhen durchweg kleiner sind als jene, welche Murray fand, ist es sehr begreiflich, daß es sich betreffs der für die Kontinente bestimmten Werte analog verhält.

		Dezbr. bis Febr.	März bis Mai	August bis Juni	Sept. bis Novbr.	Jahr
		mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
1	Amerika nördl. vom Äquator	138	190	268	221	827
2	Westl. alte Welt nördl. vom Äquator	89	145	215	184	633
3	Östl. alte Welt „ „ „	63	105	239	154	561
4	Amerika südl. vom Äquator	405	390	158	345	1298
5	Westl. alte Welt südl. vom Äquator	435	378	53	194	1060
6	Östl. alte Welt „ „ „	227	226	154	149	756
7	Nordhemisphäre	92	141	238	185	656
8	Südhemisphäre	367	344	127	249	1087
9	Holosphäre	162	193	210	201	766
10	Amerika zwischen 0° u. 45° N.	189	277	367	321	1154
11	Westl. alte Welt zwischen 0° u. 45° N.	83	151	224	197	655
12	Östl. alte Welt „ 0° u. 45° N.	87	146	297	210	740
13	Amerika „ 0° u. 45° S.	414	398	157	350	1319
14	Westl. alte Welt „ 0° u. 45° S.	435	378	53	194	1060
15	Östl. alte Welt „ 0° u. 45° S.	227	226	154	149	756
16	Nordhemisphäre „ 0° u. 45° .	107	177	280	228	792
17	Südhemisphäre „ 0° u. 45° .	370	346	125	250	1091
18	Nördl. amerik. Tropen	212	400	530	524	1666
19	Nördl. afrik. Tropen	80	200	335	275	890
20	Asiatische Tropen	161	258	537	509	1465
21	Südl. amerik. Tropen	479	467	167	405	1518
22	Südl. afrik. Tropen	481	426	54	215	1176
23	Australische Tropen	369	373	215	220	1177
24	Nördliche Tropenzone	121	249	410	366	1146
25	Südliche Tropenzone	460	436	136	304	1336
26	Gesamte Tropenzone	277	335	283	337	1232
27	Nordamerika	116	147	234	186	683
28	Südamerika	387	410	219	381	1397
29	Europa	121	128	150	141	540
30	Afrika	180	219	189	201	789
31	Afrika nördl. vom Äquator	74	153	245	205	677
32	Afrika südl. vom Äquator	435	378	53	194	1060
33	Asien	49	92	229	140	510
34	Australien	152	153	72	68	445

Der Regenfall des SW-Monsuns Indiens in seinen Beziehungen zu den Witterungszuständen entfernter Gegenden. Die überaus große Wichtigkeit, welche die Ergiebigkeit der Regen des SW-Monsuns für den Ausfall der Ernte und damit für das Leben vieler Millionen Menschen in Indien besitzt, läßt es höchst wünschenswert erscheinen, meteorologische Kriterien zu besitzen, aus denen man begründete Schlüsse über die Intensität der nächsten Monsunregen ziehen kann. Im Gegensatz zu den kläglichen Wetterprognosen von heute auf morgen, die bei uns vorgeblich dem landwirtschaftlichen Betriebe nützlich sein sollen, handelt es sich in Indien um die Frage, ob es möglich ist, jene Regenergiebigkeit des Monsuns auf mehrere Monate voraus mit einiger Sicherheit zu erkennen. Nach den Erfahrungen, die bis jetzt vorliegen, kann diese Möglichkeit nicht ganz in Abrede gestellt werden, und eine kürzlich erschienene Schrift des Generaldirektors der Indischen meteorologischen Observatorien Gilbert T. Walker enthält die allgemeinen Resultate, zu denen man dort bis jetzt gekommen ist. Aus dieser Schrift gibt Prof. J. Hann einen Auszug[1]), dem das Nachstehende entnommen ist:

Schon in den Jahren 1882 bis 1884 und 1885 hatte Blanford Versuche gemacht, die wahrscheinliche Ergiebigkeit des Regenfalles über Indien im vorhinein anzudeuten. Es wurde dann bestimmt, daß eine Monsunvorhersage jährlich stattfinden solle. Diese ersten Voraussagen waren hauptsächlich basiert auf die Informationen über den Schneefall im Himalaja und auf den allgemeinen Charakter der Verteilung von Luftdruck-, Temperatur- und Windverhältnissen über Indien während des der Regenzeit unmittelbar vorausgehenden Zeitraumes. Blanford glaubte gezeigt zu haben, daß häufiger Schneefall in den Regionen im N und W von Indien eine abnorme Luftdruckverteilung über Nordindien hervorruft, welche dem Vorrücken des SW-Monsuns über diese Gegend ungünstig ist, und als allgemeines Prinzip wurde hingestellt, daß niedriger Luftdruck über einer Area den Betrag des Regenfalles über derselben vermehrt.

Später hat dann John Eliot gezeigt, daß die Verhältnisse über Indien allein nicht genügen, verläßliche, bezügliche Anzeichen zu gestatten, und im Jahre 1894 wurden deshalb zuerst auch Informationen über die Witterungszustände über den Indien umgebenden Meeren dazu benutzt. Von dieser Zeit an wurde der Bereich der in Betracht gezogenen außerindischen Informationen immer mehr ausgedehnt. Beobachtungen von Mauritius, den Seychellen und Zanzibar wurden 1896 zu den Voraussagen mit verwendet, und 1897 auch solche von Afrika und Australien. Wegen der geringen Zahl der Jahrgänge mit Beobachtungen daselbst konnten anfangs die Vergleichungen nur eine wenig sichere Basis für die Voraussagen abgeben, und erst in den letztern Jahren konnten schon mehr statistische Methoden

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907 p. 74.

dabei Anwendung finden. Nichts schien zunächst wahrscheinlicher, als daß starker Regen zu Zanzibar und auf den Seychellen im Mai auch auf stärkern Regen schließen lassen möchte, wenn der Monsun später den Äquator überschritten haben wird.

Die spätere Erfahrung hat aber gezeigt, daß gerade das Gegenteil der Fall zu sein scheint. Desgleichen lag es nahe, anzunehmen, daß abnorm hoher Luftdruck über Mauritius, das nahe der Ausgangszone der Monsunströmung liegt, dieselbe verstärken und die mit Feuchtigkeit beladene Luft stärker als sonst über Indien einströmen lassen wird. Auch das hat sich nicht bewährt.

Es möchte scheinen, daß, wenn man die Effekte der verschiedenen bestimmenden Faktoren zuerst einzeln korrekt aufgefunden habe, es dann leicht sein möchte, das Resultat ihres gleichzeitigen Auftretens vorauszusagen. Doch ist auch dieser Vorgang, namentlich wegen Mangel der Kenntnis der obern Luftströmungen, kaum erfolgreich und würde Daten von einer langen Reihe von Jahren erfordern.

Ein Element der Unsicherheit resultiert auch aus der Raschheit, mit der die bestimmenden Faktoren sich ändern. Jahrgänge, in denen während des April und Mai die meteorologischen Bedingungen über Indien und dem Indischen Ozeane sehr ähnlich sind, können in den folgenden Monaten August und September weit auseinandergehen. Deshalb müssen die Vorausbestimmungen, die früh im Juni gemacht werden, weniger verläßlich sein für diese Monate (August, September) als für Juni und Juli. Die Voraussagen für August und September müssen darum auf einer breitern Basis von Informationen erfolgen.

Blanford hat hingewiesen auf die Existenz von Beziehungen zwischen den Luftdruckverhältnissen über Sibirien und Indien, und diesen Gedankengang weiter verfolgend, haben die Lockyers später gezeigt, daß die Oszillationen des Luftdruckes über Südamerika in enger Beziehung zu stehen scheinen mit jenen über dem Indischen Ozeane, aber in entgegengesetztem Sinne verlaufen. Neuere Untersuchungen zeigen, wie es aus dem Gegensatze zwischen Südamerika und Mauritius zu erwarten war, daß in Jahren exzessiven Monsunregenfalles in Indien der Luftdruck über Südamerika zu hoch ist, und umgekehrt; ferner, daß in manchen Jahren, wie 1899, die ungünstigen Anzeichen früher in der westlichen als in der östlichen Hemisphäre austreten.

Der Einfluß des Schneefalles. Eine Tabelle zeigt für 15 in bezug auf letztere mehr oder weniger exzessive Jahrgänge die Abweichungen des Monsunregenfalles über Indien im Juni. Es scheint aus dieser Nebeneinanderstellung hervorzugehen, daß nur in den Fällen starken und spätern Schneefalles, wenn die im Mai mit Schnee bedeckte Area größer als gewöhnlich ist, ungünstige Schlüsse (in bezug auf den Juniregenfall) gezogen werden können.

Einfluß starker Regen in der subäquatorialen Region. Eine Tabelle enthält die Abweichungen des Regenfalles in 13 Jahren (zwischen 1878 und 1905, für Zanzibar fehlen 1879, 1885 bis 1888 und 1890) im April und Mai zu Zanzibar und den Seychellen und daneben die Abweichungen des Regenfalles über Indien in den folgenden Monaten Juni und Juli. Sie zeigt, daß in sieben von neun Jahren, in welchen der Regenfall im Mai zu Zanzibar oder auf den Seychellen um mehr als 4 *cm* zu groß war, in Indien der Regenfall im Gebiete des Bombayzweiges des SW-Monsuns im Juni zu gering ausfiel; im Jahre 1899 war zwar der Juniregenfall etwas über normal, dagegen der Regenfall im Juli viel zu gering; im Juni 1904 war der Regenfall in NW-Indien zu klein; diese beiden Jahre (von sieben) bilden daher auch keine wirkliche Ausnahme. Es scheint, daß diese Beziehungen auch für jenen Zweig des Monsuns, der von der Bai kommt, (das Gangestal als SO aufwärts weht) Geltung haben mag. Eine andere bemerkenswerte Tatsache ist, daß während der 16 Jahre, von denen von den Seychellen Regenmessungen in Vergleich gezogen werden können, in den acht Jahren mit mäßig starkem Schneefalle im Mai (in den Gebirgen NW-Indiens) die Regen auf den Seychellen im April und Mai in Überschuß waren, nur in den Jahren 1899 und 1902 war dies nicht der Fall. Es konnte daher auch der Schluß gezogen werden, daß nicht der Schneefall in Oberindien in erster Linie mit dem Mangel an Niederschlag zusammenhängt, sondern daß derselbe nur das Anzeichen einer Störung in der großen Luftzirkulation ist.

Es ist eine interessante Konsequenz der Lage von Zanzibar nahe dem Wege des Monsuns, der Abessinien den Regen bringt und die Nilflut speist, daß exzessive Regen zu Zanzibar im April und Mai mit mangelhafter Nilschwelle zusammenfallen, und eine weitere Illustration des nicht lokalen Einflusses von starken Schneefällen in den Gebirgen Indiens liegt in der ausgesprochenen Tendenz, daß letztere mit einer zu geringen Nilflut parallel gehen. Ein weiterer Hinweis auf die Beziehungen zwischen starkem Schneefalle in Indien und exzessiven subäquatorialen Niederschlägen ist die enge Verbindung zwischen abnormem Regenfalle zu Zanzibar und den Seychellen im November mit reichlichem Niederschlage in Oberindien in der folgenden kalten Jahreszeit.

Luftdruckverhältnisse. Hoher Luftdruck tritt häufig zuerst über dem Indischen Ozeane, ja selbst in Australien ein und erscheint schließlich auch über Indien. Walker gibt eine Tabelle der Jahre seit 1876, in welchen entweder die Luftdruckabweichung zu Mauritius im Mai mehr als 0.38 *mm* betrug, oder der Regenfall von Juni bis September in Indien eine Abweichung von mehr als 2″ (51 *mm*) zeigte. Es gab zwischen 1876 und 1905 24 solche Jahre. Prof. Hann hat aus dieser Tabelle folgende Beziehungen abgeleitet:

In acht Jahren war der Luftdruck im Mai auf Mauritius zu hoch (Mittel + 0.64 *mm*) und gleichzeitig die Regenmenge über Indien

zu gering (—87 *mm* im Mittel); in elf Jahren war der Luftdruck auf Mauritius zu niedrig (Mittel —0.53 *mm*) und zugleich der Regenfall über Indien zu groß (+80 *mm* im Mittel), nur in fünf Jahren waren die Abweichungen in anderm Sinne.

Die Wahrscheinlichkeit, daß die Abweichungen des Luftdruckes auf Mauritius im Mai und die der Niederschlagsmenge über Indien in der folgenden SW-Monsunregenperiode das entgegengesetzte Vorzeichen haben, ist demnach 0.80, die Wahrscheinlichkeit gleicher Vorzeichen nur 0.21, viermal kleiner. Bemerkenswerterweise sind auch die Abweichungen des Regenfalles in den erstern Fällen (19) größer (±83 *mm*) als in den letztern (5) (± 61 *mm*).

Walker bemerkt, daß (für alle Jahre offenbar) 40% der Abweichungen des Regenfalles über Indien mit Luftdruckanomalien im Mai auf Mauritius zusammenzuhängen scheinen, die übrigen 60% müssen von andern Faktoren abhängen. Dagegen ist mit den Luftdruckabweichungen des Mai in Kapstadt und jenen von vier australischen Stationen das Verhältnis nur ±9%, also ganz ungenügend. Ähnliches gilt für die Luftdruckabweichungen von sechs sibirischen Stationen (Orenburg, Taschkent, Omsk, Barnaul und Irkutsk). Die Luftdruckabweichungen der Monate März, April und Mai über Sibirien scheinen nur in einem sehr losen Zusammenhange mit dem Regenfalle in Indien zu stehen. In zwölf Fällen, in welchen der Luftdruck des März in Sibirien um >2 *mm* vom Mittel abgewichen ist, hatte die Regenfallabweichung in acht Fällen das gleiche und in vier Fällen das entgegengesetzte Zeichen.

Walker geht nun über zur Betrachtung der Beziehungen zwischen den Luftdruckabweichungen der Monate März, April und Mai zu Cordoba und den Abweichungen (von 1063 *mm*) des Regenfalles über Indien von Juni bis September. Die in Betracht gezogene Periode umfaßt die 29 Jahre von 1876 bis 1904. Die Tabelle enthält die Luftdruckabweichungen separat für März, April und Mai zu Cordoba; dann dieselben „befreit von dem Einflusse des vorausgegangenen Monsuns"; wie das geschehen, wird hier nicht angegeben. Dann kommt eine Kolumne „effektiver berechneter Drucke" (d. h. Abweichung). Wie Prof. Hann sich überzeugt hat, stimmen diese Daten ziemlich mit dem rohen Mittel aus den drei ersten Kolumnen, nur im Jahre 1900 ist das rohe Mittel —0.018″, während Walker +0.005″ hat. Hanns nachfolgende statistische Berechnungen beruhen auf den Zahlen von Walker. Die zwei letzten Kolumnen der Tabelle enthalten „die berechnete Regenabweichung über Indien" nach der „effektiven" Druckabweichung zu Cordoba (März/Mai) und die tatsächlich eingetretene Abweichung. Beide Kolumnen stimmen dem Zeichen nach nur in acht Fällen von 29 nicht überein.

Prof. Hann hat nun folgende statistische Berechnung gemacht. In acht Fällen hatten Luftdruckabweichung und Niederschlagsabweichung das gleiche negative Vorzeichen, in 13 Fällen das gleiche,

positive Vorzeichen. Somit waren die Abweichungen des Luftdruckes zu Cordoba (März, April, Mai) und des Regenfalles (Juni/September) in Indien in 21 Fällen von 29 übereinstimmend. Man kann demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.72 aus der Luftdruckabweichung der vorausgegangenen Monate zu Corboda auf die im gleichen Sinne erfolgende Abweichung der Monsunregen (Juni/September) über Indien schließen.

Nur in acht Fällen (28%) hatten die Abweichungen das entgegengesetzte Zeichen. Die Mittel sind

Mauritius	Indien	Mauritius	Indien
(8) —0.69	—93 *mm*	(5) —0.51	+25 *mm*
(13) +0.53	+59 „	(3) +0.10	—78 „

Wir stehen demnach vor dem sehr merkwürdigen Ergebnisse, daß die Luftdruckabweichung zu Cordoba (im Herbste) dem Sinne nach mit der Abweichung des Sommerregenfalles über Indien übereinstimmt. Dem schlechtesten Regenjahre in Indien mit einem Entgange von 254 *mm* (—24%) ging eine Luftdruckabweichung von —1.4 *mm* des Herbstes zu Cordoba voraus, während dem besten Monsunregenjahre 1892 mit +124 *mm* eine Luftdruckabweichung von +1.8 *mm* vorausgegangen ist.

Einem spätern Memorandum G. T. Walkers (datiert 8. August 1906), betreffend die Prognosen für den Monsunregenfall im August und September 1906, entnimmt Prof. Hann noch folgende allgemeine Beziehungen zwischen dem Monsunregenfalle in Indien und den Luftdruckverhältnissen außerhalb Indiens:

Offenbar ist der einflußreichste Faktor bei dem Regenfalle in Indien während August und September der Luftdruck über dem südlichen Indischen Ozeane. Einen Nachweis dafür gibt eine Tabelle, welche für alle Jahre, in denen der Luftdruck auf Mauritius im Juli eine +- oder —-Abweichung von mehr als 0.61 *mm* zeigte, den Abweichungen des Regenfalles über Indien in den Monaten August und September sowohl im Gebiete des „Bombay"- als des „Baizweiges" des Monsuns gegenübergestellt wird. Es gab 15 solcher Jahre zwischen 1876 und 1905. Prof. Hann hat nach dieser Tabelle folgende statistische Berechnungen gemacht.

Die Luftdruckabweichungen des Juli auf Mauritius haben in 73% der Fälle das entgegengesetzte Zeichen von der Abweichung des Regenfalles im Gebiete des Bombay-Monsunzweiges und in 83% der Fälle im Gebiete des Baizweiges. Größere Luftdruckabweichungen des Juli auf Mauritius scheinen demnach in enger Beziehung zu stehen zu den Abweichungen des Regenfalles im August und September über ganz Indien.

Die Mittelwerte sind:

Zahl	Luftdruck-abweichung auf Mauritius im Juli mm	Regenfall-abweichung über Bombaygebiet mm	Zahl	Luftdruck-abweichung auf Mauritius im Juli mm	Regenfall-abweichung über Balgebiet mm
(5)	+1.34	— 87	(4)	+1.50	—44
(6)	—1.30	+102	(9)	—1.19	+49
(4)	—0.94	— 41	(1)	+0.86	+11
			(1)	—0.71	—12

In den von der Regel abweichenden Fällen ist auch meist die Abweichung des Regenfalles gering, wie man sieht. Es wird ferner mitgeteilt, daß niedriger Luftdruck im Juni und Juli über Sibirien günstig ist für reichlichern Regenfall im Juni und September über Indien. Von 29 Jahren, von denen Daten vorliegen, hatte die Luftdruckabweichung über Sibirien im Juni in 21 Fällen (70%) das entgegengesetzte Zeichen der Regenfallabweichung des Juni über Indien.

Später ist ein neues Memorandum ausgegeben worden mit einer Prognose des Regenfalles in Nordindien und des Schneefalles in den benachbarten Gebirgen während der Kaltwetterzeit (datiert Simla, 5. Dezember 1906). Prof. Hann entnimmt demselben wieder nur in Kürze einige allgemeine Sätze und Ergebnisse.

Von den außerindischen Regionen, von welchen man annehmen kann, daß ihre meteorologischen Zustände oder Wetteranomalien auf die Niederschläge der Kaltwetterperiode Oberindiens Einfluß nehmen mögen, kommen hauptsächlich in Betracht der Indische Ozean und Sibirien. G. T. Walker gibt eine Tabelle, welche nach den einzelnen Jahren 1871—1906 gegenüberstellt: die Abweichungen vom Normale, Sonnenfleckenzahl, Novemberregen in Zanzibar (und Seychellen), mittlere vertikale Druckdifferenzen (über Indien), korrespondierende Temperatur, horizontale Druckdifferenzen, darauffolgender Niederschlag (und Schneefall) in der Kaltwetterzeit (alles Abweichungen vom Mittel).

Während 24 Jahren hatten in 15 Jahren die Abweichungen der Sonnenfleckenzahl und die Abweichungen des Novemberregenfalles auf Zanzibar die gleichen Zeichen, in neun Fällen die entgegengesetzten Zeichen.

Die Wahrscheinlichkeit, daß Sonnenflecken und Regenfall in gleichem Sinne abweichen, ist demnach fast 0.63, für die Abweichungen im entgegengesetzten Sinne ist die Wahrscheinlichkeit nur etwa 0.37.

Der Regenfall eines einzelnen Monates an einer einzelnen Lokalität braucht natürlich in keiner ausgesprochenen Beziehung zur Sonnenfleckenperiode zu stehen.

Welche Beziehungen bestehen zwischen den Regenfallanomalien des November zu Zanzibar und jenen der darauffolgenden Winterregen Nordindiens?

Wieder haben wir in 15 Fällen von 24 ein gleiches Zeichen der Abweichungen. Mit einer Wahrscheinlichkeit von fast 0.63 stimmen demnach die Abweichungen des Regenfalles des Novembers auf Zan-

zibar mit den Abweichungen der Winterniederschläge überein. Auch hier ist wieder zu bemerken, daß aus den Regenfallabweichungen eines einzelnen Monates an einer einzelnen Lokalität keine sichern Schlüsse gezogen werden können, namentlich wenn solche aus bloß 24 Fällen gezogen werden müssen, was auch Walker selbst betont.

Was endlich den Zusammenhang zwischen Abweichungen der Zahl der Sonnenflecken (des vorausgegangenen Jahres) vom Mittel und den Abweichungen der Winterregen in Nordindien vom Normale anbelangt, so liegen dafür Vergleichungen von 29 Jahren vor (1877 bis 1905.)

In 17 Fällen von 29 waren die Abweichungen übereinstimmend, und nur in 12 Fällen hatten sie das entgegengesetzte Zeichen. Man kann daher mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.58 auf Abweichungen in gleichem Sinne schließen. Die mittlere gleichsinnige Abweichung beträgt 21 *mm*, d. i. fast 57% des Mittels; die Abweichungen bei entgegengesetzten Zeichen sind kleiner, sie betragen bloß 46%, das erhöht das Gewicht des Resultates. Dasselbe scheint aber nicht in Übereinstimmung mit dem Ergebnisse einer ältern Untersuchung von S. A. Hill.

Was Sibirien (SW-Sibirien namentlich) anbelangt, so scheint es naheliegend, daß die Abweichungen der Witterung dort mit Anomalien der Winterniederschläge Oberindiens in Beziehung stehen könnten. Eine numerische Prüfung der Daten ergibt aber keine Beziehung zwischen den Niederschlägen von Dezember bis März in NW-Indien und jenen in Sibirien in dem gleichen Zeitintervall.

Prof. Hann schließt mit den Worten: Die skizzierten, höchst interessanten Ergebnisse, zu welchen Walker gelangt ist, enthalten jedenfalls eine dringende Aufforderung, den Gegenstand weiter zu verfolgen und z. B. die vorhandenen langjährigen Beobachtungsergebnisse auf Mauritius und zu Cordoba vollständig in gleicher Richtung aufzuarbeiten. Es liegen ja auch von Indien von mehrern Orten langjährige Regenmessungen vor, deren Ergebnisse immerhin als Repräsentanten des durchschnittlichen Regenfalles über Indien Verwendung finden können, so daß man sehr wohl über das Jahr 1876 mit den Untersuchungen wird zurückgehen können. Es ist das recht wünschenswert, um eine größere Sicherheit der Ergebnisse zu erlangen, namentlich in bezug auf die höchst merkwürdigen Beziehungen zwischen den Luftdruckabweichungen zu Cordoba und den darauffolgenden gleichsinnigen Abweichungen des Regenfalles über Indien.

Nach allem ist also zunächst in Indien eine einigermaßen zuverlässige Vorausverkündigung der Ergiebigkeit der nächsten Monsunregen doch noch nicht ausführbar. Wie vorsichtig man sein muß, aus der Gegenüberstellung meteorologischer Daten für längere Zeiträume Schlüsse auf innere Beziehungen zu machen, dafür bringt Prof. Hann ein drastisches Beispiel. Er hat die Abweichungen des Regenfalles zu Stykkisholm und Brüssel miteinander verglichen.

„Von 44 Jahrgängen zeigten die ersten 22 Jahre (1857—1878) fast stets das entgegengesetzte Zeichen der Abweichungen, in 90% der Fälle; die nächsten 22 Jahre zeigten diesen Gegensatz bloß in 45% der Fälle, somit war Wahrscheinlichkeit einer Übereinstimmung größer!"

Hätte man also auf die Ergebnisse der Untersuchung der Jahre 1857—1878 Prognosen bauen wollen, so wäre tatsächlich während der folgenden 22 Jahre das Gegenteil eingetreten.

Versuche über das Eindringen des Regenwassers in den Boden sind auf dem Versuchsfelde in Cawnpore (brit. Indien) angestellt worden.[1])

Von den 1100 *mm* Regen, die in der Monsunperiode 1904 gefallen sind, verdunsteten 125 *mm* in der trockenen Jahreszeit, ungefähr 225 *mm* verdunsteten während des Regenmonsuns, 100 *mm* flossen bei einem sehr heftigen Niederschlage im September ab, und die restierenden 650 *mm* sickerten ein.

Die Untersuchungen stellten auch die Tatsache fest, daß der Betrag des eingesickerten Wassers proportional der gefallenen Regenmenge wächst, und daß während der viermonatlichen Regenperiode mehr Wasser durch Verdunstung verloren geht als in der Trockenperiode.

Diese Resultate befinden sich in guter Übereinstimmung mit jenen, die auf dem Versuchsfelde von Rothamsted gefunden wurden, und lassen sich daher aller Wahrscheinlichkeit nach auf die ganze nordindische Ebene anwenden.

Luftelektrizität.

Die Gewitterbeobachtungen und die Gewitterhäufigkeit an einigen Beobachtungsstationen der Alpen, insbesondere an Gipfelstationen, hat A. v. Obermayer untersucht.[2])

Die Gewittertage der in Betracht gezogenen Stationen, nach Drittelmonaten geordnet, geben für Sonnblick, Bucheben, Schmittenhöhe, Schafberg, Kremsmünster, Obir, Hohenpeißenberg und München in dem Zeitabschnitte 1856 bis 1906 einen ganz ausgesprochenen Rückgang der Gewitterhäufigkeit im zweiten Drittel des Monates Juni. Der jährliche Gang der Gewitterhäufigkeit, welchen Prof. Karl Prohaska aus den Gewittermeldungen des Beobachtungsnetzes in Steiermark, Kärnten und Krain aus 15 in Betracht gezogenen Jahren ableitete, weist gleichfalls diesen Rückgang der Gewitterhäufigkeit aus. In Klagenfurt zeigt sich für den Zeitabschnitt 1875 bis 1905, ein solcher Rückgang im ersten Drittel des Juni. Die von

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 119.
[2]) Wiener Akad. Anz. 1907. p. 169.

1802 bis 1850 vorliegenden Beobachtungen vom Hohenpeißenberge geben denselben im dritten Drittel des Monates Juni. Die in Gewitterzahlen ausgedrückten Beobachtungen in Kremsmünster, nach Dekaden geordnet, geben jenen Rückgang für den Zeitabschnitt 1802 bis 1840 im ersten und für jenen 1840 bis 1887 im dritten Drittel des Monates Juni.

Soweit sich der tägliche Gang der Gewitterhäufigkeit feststellen ließ, verläuft derselbe ähnlich am Sonnblick und in Bucheben, am Schafberge und in Kremsmünster. Auf dem Obir und in Klagenfurt stimmt derselbe mit dem aus den früher erwähnten Gewittermeldungen von Prohaska abgeleiteten täglichen Gange überein.

Gewitterstudien an den oberbayerischen Seen hat Georg Breu angestellt.[1]) Schon v. Bezold bezeichnete die bayerische Moränenlandschaft als einen Gewitterherd, und wer die Karte über die Gewitterhäufigkeit nach den Beobachtungen aus den Jahren 1889 bis 1894 betrachtet, der ersieht, daß gerade auf das Gebiet zwischen Ammer- und Würmsee und auf den Bezirk um den Chiemsee die meisten Gewitter treffen, daß also hier die zwei größten Gewitterbezirke Südbayerns liegen, die sogenannten „Brutstätten der Gewitter."

Ohne Zweifel, sagt Breu, tragen hieran nicht die Seen allein Schuld, sondern es sind verschiedene Faktoren daran beteiligt, wovon selbstverständlich wieder den Seen ein gut Teil zukommt.

Nach Erk spielen namentlich die Teilminima hier auch eine große Rolle mit. Diese kleinen sekundären Depressionen sind Störungen in der allgemeinen Luftdruckverteilung, und sie geben, wie die großen Depressionen, Veranlassung zu einem aufsteigenden Luftstrome. Bei ihrer Annäherung wird daher im allgemeinen das Barometer sinken, die Luftfeuchtigkeit nimmt zu, die Bewölkung wird stärker, und allmählich stellen sich Niederschläge ein, die meist noch anhalten, wenn das Zentrum der Teildepression bereits vorbeigezogen ist. Die Teildepressionen lösen zwischen Ammer- und Starnbergersee, ferner in der Gegend rings um den Chiemsee Verhältnisse in der Temperaturverteilung aus, welche für die Gewitterbildung besonders günstig sind.

Selbstverständlich ziehen zahlreiche Gewitter diesen Seen auch aus entferntern Erdstrichen zu, namentlich kommt eine stattliche Anzahl von Westen und Nordwesten her (vom Rheine, von der Nordsee usf.), dieselben sind aber meist leicht erkenntlich durch große Gewitterfront und durch gewaltige Fortpflanzungsgeschwindigkeit, welch letztere oft 50 *km* in der Stunde beträgt. So hatte das große Gewitter am 2. August 1890, das in der Gegend von Starnberg großen Schaden anrichtete, seinen Herd im Innern Frankreichs.

[1]) Deutsche Geogr. Blätter. Bremen 1907. **30.** 1. Heft. p. 24.

Es betrat um 2 Uhr 30 Minuten nachmittags die Südwestgrenze der Rheinpfalz und die Rheinlinie bis zum südlichen Baden, durchzog dann in ostnordöstlicher Richtung ganz Süddeutschland und trat an der Nordostgrenze Bayerns um 10 Uhr nachmittags aus, im Osten etwas später. Dabei reichte seine Front fast stets von der Süd- bis zur Nordgrenze dieses Gebietes, ja teilweise noch über letztere hinaus. In der letzten Phase seines Verlaufes vereinigte es sich mit einem zweiten, in derselben Richtung, aber langsamer fortschreitenden Gewitterzuge, dessen Entstehungsherd um 3 Uhr 30 Minuten nachmittags zwischen Wertach und Lech, etwas nördlich von Buchloe, lag.

Die an den genannten Seen entstandenen Gewitter sind dagegen „Lokalgewitter", haben eine kleine Frontentwicklung und eine geringe Geschwindigkeit. Von ihrem Entstehungsherde ziehen sie teils auf nordöstlicher Bahn an München vorüber, teils wandern sie südostwärts gegen das Gebirge zu. Fast täglich entstehen im Sommer an den größern Seen Bayerns solche Lokalgewitter, und ihre Zahl dürfte sogar 70 bis 80 im Jahre betragen. Immerhin dürfte bei ihrer Entstehung auch der große Waldreichtum dieser Gegenden mit in Frage kommen, ferner die ausgedehnten Moore und Sümpfe dortselbst, da auch diese, wie S. Günther nachweist, von Einfluss auf die Gewitterbildung sind. Am meisten wirken allerdings die genannten Seen entschieden in dem Sinne, daß die Disposition für ein Gewitter sich leichter ausbildet, und zwar um so eher, da in diesem Falle jene Vorgebirgsgegend auch ungemein häufig von sekundären Seitenwirbeln größerer Depressionen heimgesucht wird.

Interessant sind diese Seegebiete auch bezüglich des Gewitterverlaufes. Gleich den Wäldern und Flüssen wirken sie auf manche Gewitter verzögernd; schwache Gewitter können durch einen See vorzeitig vernichtet werden, während stärkere sich erst durch längeres Verweilen an dem zuerst erreichten Ufer Kraft sammeln müssen, um die Wasserfläche zu überschreiten. Bei stark bewölktem Wetter oder bei Nacht versperren die Seen den lokalen Gewittern den Weg, seltener als bei Tage. Selbst an den kleinern bayerischen Seen kann man diesen hemmenden Einfluß der Seen beobachten. So sah Breu öfters von Tegernsee aus ein bei Abwinkel und Wiessee stehendes kleines Lokalgewitter, das nicht imstande war, den See zu überschreiten und meist genötigt wurde, den Weg gegen Süden anzutreten und seinen weitern Verlauf nach Osten zu nehmen. Am 22. Juli 1906 stand auch ein Lokalgewitter bei Tutzing und Feldafing (dem Wetterwinkel am Würmsee) und konnte den See absolut nicht überschreiten. Es nahm dann erst nach einer vollen Stunde seinen Weg gegen das Südende des Sees zu, um sich bald aufzulösen. Die meisten Gewitter von diesem „Gewitterwinkel" ziehen aber der Würm entlang gegen München zu. Eine noch stärkere Gewitterscheide bildet aber der Chiemsee, der ziemlich oft sogar kleinere Gewitter vernichtet.

Welches ist nun die Ursache dieser Erscheinung? Der Hauptsache nach, sagt Breu, ist hier an absteigende Luftströme zu denken, welche über dem Wasser immer zu finden sind und der dem Gewitter die Bahn brechenden Luftauflockerung entgegenarbeiten. Ähnliches wird von den Luftschiffern auch über den Flüssen beobachtet. Erk sah, daß sanft eingeschnittene Flußtäler mit allen Windungen sich auf der Wolkendecke abzeichneten. Damit ist der strenge Beweis dafür erbracht, daß wirklich ein direkter Kontakt zwischen Wolken und Gewässern stattfindet, der sich ohne Zweifel auch in der Gewitterbildung offenbart.

Hinsichtlich der Stärke der Gewitter an den bayerischen Seen erwähnt Breu, daß viele hiervon, auch die Lokalgewitter, ziemlich heftig sind und zu häufigen Entladungen führen. Der Blitz schlägt hier regelmäßig in den See, weshalb Meldungen über Blitzschläge in Häuser und Wälder seltener sind.

Eine Studie über Wirbelgewitter hat K. Langbeck ausgeführt, nach Beobachtungen an Gewitterzügen, welche am 20. Februar 1907 im preußischen Beobachtungsnetze angestellt worden sind.[1]) Vornehmlich waren es das Rheinland, Mitteldeutschland und das Küstengebiet der Nordsee, sowie der Ostsee bis zur Odermündung hin, die von diesen Gewittern betroffen wurden. Schon die äußern Begleiterscheinungen dieser elektrischen Entladungen in einer verhältnismäßig kalten Jahreszeit und im Gefolge einer tiefen Depression ließen die Vermutung aufkommen, daß man es bei diesen Gewittern mit typischen Beispielen der gemeinhin als Wirbelgewitter bezeichneten Kategorie zu tun habe. Diesen Namen hat Mohn speziell den an der norwegischen Küste häufig zur Entwicklung kommenden Gewittern beigelegt, in der Annahme, daß sie vornehmlich einer stark ausgeprägten Zirkulation um eine vertikale Achse ihre Entstehung verdanken.

Auf Grund von 350 Meldungen der Haupt- und Nebenstationen des preußischen Beobachtungsnetzes lassen sich zwei scharf ausgesprochene Gewitterzüge feststellen. Der erste beschränkt sich auf das weitere Küstengebiet; um $3^h\ 30^m$ vormittags kündet er sich in Helgoland an, erscheint um $3^h\ 45^m$ vormittags an der ostfriesischen Küste, um nun nach und nach auch längs der holländischen Grenze bis herab zur Vechte-Emsniederung um $4^h\ 45^m$ vormittags aufzutreten. Mit einer mittlern Geschwindigkeit von 82 *km* pro Stunde bewegt sich die gegen Südost gerichtete Gewitterfront gegen Ostsüdost bis Ost zu fort und geht um 5 und 6^h vormittags 300 *km* breit über die Gebiete von Oldenburg, Hannover, Holstein und Mecklenburg hinweg. Nachdem der südliche Teil des Gewitterzuges um $6^h\ 30^m$ vormittags am Wesergebirge und im Leine-Allergebiete, um $7^h\ 30^m$ vormittags an der westlichen Grenze der Altmark zum Stillstande gekommen ist, pflanzt sich der nördliche Teil bis um $7^h\ 45^m$ vormittags nach Mecklenburg-Strelitz und dem mittlern Vorpommern (Peene) fort, unter Beschränkung seiner Front auf 100 *km* Breite. Vereinzelte Meldungen um 6^h vormittags im westlichen Münsterlande, am Hellwege (Lippe-Ruhr), am

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 444.

mittlern Teutoburger Walde sind anscheinend ebenfalls diesem Zuge anzugliedern; in gleicher Weise scheint auf ihn eine Meldung um 9^h 45m vormittags an der Saalemündung als letzte Äußerung der elektrischen Begleiterscheinung zurückzuführen zu sein.

Der spätere Gewitterzug hat eine mehr gegen Südsüdost gerichtete Front, dabei aber anscheinend eine nordwestliche Bewegungsrichtung. Um 7^h 30m vormittags taucht er in der niederrheinischen Tiefebene auf und zieht, an die holländische und belgische Grenze sich anlehnend, über das Rheinland, Hessen und Nassau fort, indem er seine Front innerhalb des preußischen Beobachtungsgebietes auf 180 *km* um 9^h vormittags, 270 *km* um 10^h vormittags und 290 *km* um 11^h vormittags ausdehnt. Er verschwindet um 11 bis 11^h 15m vormittags an der südlichen Grenze des Rheinlandes und des hessischen Gebietes und tritt nochmals um 11^h 45m vormittags auf der Höhe des Thüringer Waldes in Tätigkeit. Die Geschwindigkeit dieses Zuges ist wesentlich geringer als die des Küstengebietzuges und beträgt 67 *km* pro Stunde.

Doppelmeldungen gingen nur von sehr wenigen Stationen ein; die einzige, die für diese beiden besprochenen Züge in Betracht kommen kann, liegt aus Schermbeck im westlichen Münsterlande vor, wo um 6^h und 7^h 30m vormittags Gewitter beobachtet wurde.

Auf Grund weniger Meldungen läßt sich noch ein weiterer, schwach entwickelter Zug konstruieren, der in der zweiten bis dritten Morgenstunde im Münsterlande aufgetreten und eigentümlicherweise allein in dem Gebiete zur Geltung gekommen ist, das von den beiden nachfolgenden Hauptgewitterzügen freigelassen oder vielmehr von ihnen nur schwach betroffen wurde. Auch sonst ist es noch mehrfach zu elektrischen Entladungen gekommen, so um 4^h 30m bis 5^h 30m vormittags in dem mittlern Leine-Okergebiete, in der Altmark, Kreis Jerichow, Prignitz und in der mecklenburgischen Seenplatte. Auf eine schwach entwickelte Gewittertätigkeit in den ersten Stunden des Nachmittages weisen ferner einige Meldungen aus Mecklenburg und Vorpommern hin.

Der Niederschlag, der mit dem Auftreten dieser Züge einsetzte, fiel in der Regel erst als Regen und ging nach der erfolgenden starken Abkühlung in die Form von Schnee über. In den weitaus meisten Fällen sind auch Graupel und Hagel gemeldet worden; eine ausgesprochene Bevorzugung gewisser Gebiete geht indes aus diesen Meldungen nicht hervor.

Die Ergebnisse seiner speziellen Untersuchungen faßt Langbeck wie folgt zusammen:

Die Gewitter vom 20. Februar 1907 fanden bei einer stürmischen Wetterlage und bei abnorm hohen Temperaturen statt. Sie waren an Teildepressionen gebunden, deren Verlaufe sie ohne Zweifel folgten, und waren in ihrem Auftreten mit einer vielfach beobachteten, böenartigen Verstärkung des an sich schon heftigen Windes verknüpft. Der Küstengewitterzug besaß eine größere Fortpflanzungsgeschwindigkeit als der Binnenlandzug; die Verteilung des Hagelfalles war eine gleichmäßige und ließ keine besondere Bevorzugung gewisser Landstriche erkennen.

Die elektrischen Erscheinungen sind, wie Mohn und Hildebrandsson bereits bemerkten, nur sekundäre Begleiterscheinungen; sie hängen offenbar bei unruhiger Luft lediglich von der Heftigkeit der entstandenen Luftturbulation und der dadurch hervorgerufenen Kondensation ab.

Vor den Gewittern bestanden wohl abnorm hohe Temperaturen, jedoch erscheint die Annahme eines vorher herrschenden labilen Gleichgewichtes völlig unbegründet. Die Entstehung der Gewitter,

die auf das innigste mit Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes zusammenhängt, ist wesentlich rein dynamischen Ursprunges, wobei allerdings die starke vertikale Temperaturabnahme den Auftrieb und damit die Turbulation und ihre Fortpflanzung offenbar begünstigt, bzw. beeinflußt hat.

Eine starke Drehung des Windes durch einen größern Teil der Windrose während des Vorüberganges der Erscheinung hat sich nirgends feststellen lassen. Die Luftbewegung um eine horizontale Achse ist ohne Zweifel weit ausgeprägter gewesen als eine solche um eine vertikale Achse, wie sie bei den Wirbelgewittern im allgemeinen als vorherrschend angenommen wird. Alle Anzeichen weisen darauf hin, daß wir es in diesen Gewittern, mit Gewitterböen zu tun haben, wie sie im Sommer sehr häufig auftreten.

Die beiden Hauptgewitterzüge verdanken ihre Entstehung anscheinend einer einheitlichen Ursache, die, wie bemerkt, auf dynamischen Einflüssen höherer Luftschichten beruht. Die infolge der atmosphärischen Störung erzeugte Unregelmäßigkeit in der Luftdruckverteilung zeigt in der ersten Zeit ihres Bestehens nicht die von Durand-Gréville gefundene, sich weithin erstreckende glatte Ausbuchtung einer V-Depression, besteht vielmehr in der Ausbildung von Depressionskernen mit einem auffallend gleichgroßen Abstande voneinander, der wahrscheinlich auf Interferenzerscheinungen zurückzuführen ist.

Beobachtungen über Niederschlagselektrizität hat E. Weiß in Wien angestellt.[1]) Die Versuchsmethode unterschied sich ziemlich beträchtlich von der von Elster und Geitel und jener von Gerdien. Als Auffangfläche ward eine Bürste verwendet, deren Haare die auffallenden Tropfen aufspießen und so das Abspringen derselben verhindern sollen. Die Bürste ward an einem gut isolierenden Griffe im Regen eine bestimmte Zeit exponiert, dann ins Zimmer getragen und hier erst (gegen alle Influenzwirkungen geschützt) elektroskopisch auf ihre elektrische, vom Niederschlage herrührende Spannung untersucht.

Die Tropfengröße ward nach der Wiesnerschen Methode, mit Berücksichtigung der von Defant eingeführten Verbesserungen gemessen, auch die Menge des in der Expositionszeit auf die Bürste gefallenen Niederschlages wird mit Hilfe derselben Methoden bestimmt. Eine Mitteilung, ob vergleichende Versuche diese Methode der Niederschlagsmessung verifiziert haben, fehlt leider.

Die Größe, Ladung und Spannung der Tropfen variieren ungemein stark, am konstantesten zeigte sich bei Regenfällen die Ladung der Gewichtseinheit. Dieselbe beträgt pro Milligramm 10^{-3} elektrostatische Einheiten.

[1]) Wiener Ber. **115**, Abt. IIa 1299. — Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 431.

In Übereinstimmung mit Gerdien wurde gefunden, daß die elektrischen Mengen, welche von einem gleichförmigen Regen zur Erde transportiert werden, einer Stromstärke bis zu 10^{-14} Amp./qcm entsprechen. 10^{-13} Amp./qcm waren z. B. die größten Stromstärken, die gefunden wurden. Während bei Schneefällen Potentialgefälle und Niederschlagsladung gewöhnlich von gleichem Zeichen sind, tritt bei Regenfällen gewöhnlich das Umgekehrte ein.

Über den Cirrusschirm bei Gewittern hat Prof. Kaßner Untersuchungen angestellt.[1]) Dieselben führen ihn zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Sonnenringe vor und nach dem Gewitter lassen erkennen, daß der Cirrusschirm der Gewitter eine Eiswolke ist.

2. Es ist daher nicht richtig und nur irreführend, diese Cirren als „falsche" Cirren zu bezeichnen. Damit bestätigt sich die Meinung von Hann[2]): „Will man eine (streng genommen nicht gerechtfertigte) Unterscheidung machen, so nenne man sie Gewittercirren (wie auch Durand-Gréville vorschlägt)."

3. Der Cirrusschirm geht dem Gewitter durchschnittlich bis zu vier Stunden voran und folgt ihm etwa eine Stunde. Danach hat er eine mittlere Erstreckung von fünf Stunden oder, bei 40 *km* mittlerer stündlicher Geschwindigkeit, eine Erstreckung von 2000 *km* (gleich Berlin —Braunschweig oder Wien-Budapest).

4. Es ist wünschenswert, daß die Observatorien den Beobachtungen des Gewitterschirmes mehr Aufmerksamkeit schenken, und daß es in den Gewitterschilderungen wie auch in den Anleitungen zur Beobachtung der Gewitter dieses Schirmes und etwaiger Halos darin mehr gedacht wird.

Ein Kugelblitz wurde am 9. April 1907 in Birkenhead in England beobachtet. Ein Gewittersturm war im Anzuge und schien über die Stadt niedergehen zu wollen, als sich plötzlich eine der schweren Wolken spaltete. Ein großer Feuerball, aus dem Funken nach allen Richtungen sprühten, brach aus derselben hervor und flog mit blitzartiger Geschwindigkeit über das Bidstonobservatorium und schlug in dem an dasselbe angrenzenden großen Parke in einen Erdhaufen ein, von wo der Feuerball auf ein nahegelegenes Grundstück übersprang, wo er das dort wachsende Heidekraut und Buschwerk in Brand steckte. Ein zwei Fuß tiefes und drei Fuß im Durchmesser großes rundes Loch bezeichnete die Stelle, wo der Feuerball niedergegangen war. Eine in der Nähe befindliche Frau wurde zu Boden geworfen, und ein Gärtner befand sich plötzlich von einem Flammenringe umgeben und wurde einige Schritte weit fortgeschleu-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. Heft 1.
[2]) Lehrbuch der Meteorologie, 1. Aufl. p. 269 u. 642.

dert, während der Spaten, den er in seiner Hand hielt, mit einem Rucke aus der Hand gerissen und etwa 20 Schritte weit über eine Hecke geschleudert wurde. Eine auf dem Heidelande grasende Kuh und mehrere Arbeiter wurden zu Boden geschleudert, und bei einem in der Nähe befindlichen Neubaue wurden die Maurer, die Kellen in der Hand hatten, von den Leitern herabgerissen. Einige Spaziergänger, die sich ein paar hundert Schritte entfernt fanden, wo der Feuerball niederging, empfanden einen starken elektrischen Schlag, unter dessen Nachwirkungen sie mehrere Tage zu leiden hatten.

St. Elmsfeuer auf der Baie des Chaleurs. Letztere ist eine Meeresbucht, die in die Halbinsel von Neu-Braunschweig von Osten her tief einschneidet. Sie mündet in den großen Golf von St. Lorenz, der gegen den Atlantischen Ozean hin durch die große Insel Neufundland bis auf zwei ziemlich enge Meeresstraßen geschlossen ist. In diesem Meeresteile ist nun nicht selten eine höchst merkwürdige Lichterscheinung wahrgenommen worden, die für die Schiffer insofern gefährlich werden kann, als sie von ihnen für ein Feuerschiff oder ein anderes Schiffahrtszeichen gehalten werden kann. Da solche Feuer für die Schiffahrt in jener Gegend überhaupt nicht angebracht sind, so kann es sich nur um einen natürlichen Vorgang handeln. Prof. Ganon hat viel Material zusammengesucht und geprüft, das zu einer Aufklärung dieses gespenstischen Lichtes dienen könnte. Er faßt seine Schlüsse dahin zusammen, daß das Licht über den Wassern von Baie Chaleur natürlicher Entstehung sein müsse, daß es zu allen Jahreszeiten auftrete, daß seine Erscheinung gewöhnlich einem Sturme vorausgehe, und daß seine häufigste Form ungefähr die einer Halbkugel sei, die mit der ebenen Fläche nach dem Wasser zu gerichtet sei. Zuweilen glühe das Licht einfach ohne viele Veränderungen der Form, während es zu anderer Zeit sich zu schlanken, fortwandernden Säulen erhebt, deren zitternde und tanzende Bewegungen die Erscheinung noch wunderbarer und gespenstischer machen und gelegentlich den entfernten Anblick eines brennenden Schiffes vortäuschen, an dessen Tauen und Masten die Flammen in die Höhe laufen. Prof. Ganon hält das Naturschauspiel für ein St. Elmsfeuer, fügt aber hinzu, daß ähnliches mit solcher Häufigkeit und Stärke von keiner andern Gegend der Erde bekannt geworden sei.[1])

Klimatologie und Wetterprognosen.

Ein klimatologischer Atlas von Indien. Auf Veranlassung der Regierung ist das große Werk eines klimatologischen Atlas des britischen Reiches in Indien von Sir John Eliot durchgeführt wor-

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau 1907. p. 190.

den.[1]) Der Atlas stützt sich auf die Beobachtungen in den 25 Jahren von 1876 bis 1900, die sämtlich nach einheitlichem Systeme an 173 Stationen 1. und 2. Ordnung und an mehr als 2000 Regenstationen angestellt worden sind. Bergholz gibt eine vortreffliche Analyse des allgemeinen Inhaltes dieser Karten nach den einzelnen meteorologischen Elementen, den folgendes entnommen ist.

In den Kaltwettermonaten Januar und Februar ist der Luftdruck über dem Norden und Nordwesten Indiens am höchsten. Die Isobaren laufen den Breitengraden nahezu parallel, und der Luftdruck nimmt nach Süden bis zu der im Süden des Äquators gelegenen Zunge niedrigsten Druckes, die eine Kalmenzone oder eine Zone von in ihrer Richtung veränderlichen Winden darstellt, ab. Die Luftbewegung ist daher von Norden nach Süden gerichtet, sie wird durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt, so daß sie in den indischen Meeren eine nordöstliche ist. Im nördlichen Indien schafft sich der Einfluß der Flußtäler auf die Windrichtung derart Geltung, daß der Wind in Burma eine nördliche, im Tale des Brahmaputra eine östliche, im Gangestale und auf dem zentralindischen Plateau aber eine westliche Richtung einschlägt. Der Westwind biegt in Bengalen und im Norden der Bai von Bengalen durch Nordwest und Nord nach Nordost herum, der Wind weht daher im Zentrum und im Süden der Bai und auch auf der Halbinsel aus Nordost bis Ostnordost. Von der Halbinsel aus überschreitet er in mäßiger Höhe die Ghats und nimmt im Arabischen Meere an der allgemeinen Luftbewegung aus Nordost teil. Lokale Land- und Seewinde herrschen in dieser Zeit an der Westküste und den ihnen zunächst gelegenen Meeresteilen.

Die Bewegung der Luft ist in Nordwest- und Zentralindien eine überaus schwache, 1 bis 2 Meilen pro Stunde = 0.4 bis 0.8 mps., nach Süden wächst die Stärke allmählich an, im Süden der indischen Meere beträgt sie etwa 3 oder 4 der Beaufortskala. Nur in dieser Jahreszeit steht Indien unter dem Einflusse des als Nordostmonsun bekannten Windes, des Nordostpassates der indischen Monsunregion.

Die Heißwetterperiode vom März bis zum Mai ist durch einen schnellen Anstieg der Temperatur mit dadurch verursachten gleichzeitigen Änderungen in der Verteilung des Luftdruckes charakterisiert. Indien wird zu einem Gebiete, das wärmer als die benachbarten Meere ist. In der ersten Hälfte dieser Jahreszeit ist es am Tage heißer, in der Nacht um ein Geringes kühler als auf dem Meere, im Mai aber ist das Innere des Landes in der 24 stündigen Tagesperiode durchweg heißer als die umliegenden Meere. Mit dem ungleichen Anstiege der Temperatur über Land und See nimmt auch der Luftdruck über dem Innern des Landes schneller als über dem Meere ab, die Druckverteilung ist daher unausgesetzten beträchtlichen Änderungen unterworfen. Das Innere bildet sich im Gegensatze zum Meere zu einem Niederdruckgebiete aus, indem die Bedingungen für das Hochdruckgebiet, die anfangs März noch vorhanden waren, schnell verschwinden. Schon im April, ausgeprägt aber im Mai, schmiegen sich die Isobaren dem Verlaufe der Küste an und umschließen in ihrem Innern ein Gebiet niedern Druckes, das von Tag zu Tag Änderungen erleidet und das begleitende Wetter bestimmt, um von ihm wieder einerseits bestimmt zu werden. Im Mai stellt das Niederdruckgebiet einen mächtigen Trog dar, der sich von Ober-Sind und Süd-Punjab bis nach Süd-Behar und Chota-Nagpur erstreckt. An seinen Enden entwickeln sich häufig kleine lokale Depressionen.

Die durch die Temperatur- und Druckverhältnisse herbeigeführte Luftbewegung ist an den Küsten eine Art Einströmung, die an Stärke in dem Maße

[1]) Climatological Atlas of India, published by the Authority of the Government of India under the Direction of Sir John Eliot. Edinburgh 1906. 120. Tafel. Ausführliches Referat darüber von Bergholz in Meteorol. Zeitschr. 1907 p. 88, woraus oben der Text.

zunimmt, als mit der Jahreszeit das Niederdruckgebiet zur Ausbildung gelangt. Am stärksten ist das Einströmen der Luft an der Küste von Bengalen, so daß im Mai in Nordostindien die Winde am kräftigsten sind. Im Innern des nördlichen Teiles des Landes gleichen die Windrichtungen denen der Kaltwettermonate. Nordwest- und Westwinde herrschen im nordwestlichen und zentralen Indien und in der Gangesebene, mit Ausschluß natürlich des Deltas. Im Tale von Assam weht der Wind aus östlicher Richtung. Drei Windsysteme sind daher in dieser Jahreszeit vorhanden, die sich dem zentralen Indien und Westbengalen zuwenden, sie veranlassen im östlichen Teile des Troges niedern Druckes in Nordindien kleine Depressionen. Die Einströmung der Luft von der See nach dem heißen Innern Indiens beeinflußt nicht nur Indien selbst, sondern auch die umgebenden Meere. Bei ihrer Zunahme an Ausdehnung und Intensität macht sie ihren Einfluß immer weiter land- und seewärts geltend, so daß sie Ende Mai nahezu die ganze Bai von Begalen und einen Teil des Arabischen Meeres, etwa 300 Meilen von Bombay in das Meer hinein, in sich einschließt. Die Luftbewegung im indischen Festlande ist lokalen Ursprunges, sie bildet den Übergangstypus zwischen der allgemeinen Zirkulation des Nordost- und Südwestmonsuns. In Bengalen, Assam, Tenasserim und Malabar sind die Seewinde die Ursache für häufige lokale Gewitter.

Die Heißwetterbedingungen finden im Juni durch das Vorrücken eines starken und steten Luftstromes vom Äquator her, der eine Fortsetzung des Südostpassates ist, einen plötzlichen Abschluß. Schon während der letzten beiden Monate nahm der Südostpassat an Stärke zu und rückte nach Norden gegen den Äquator vor. In der letzten Woche des Mai oder in der ersten Woche des Juni überschreitet gewöhnlich der Südostpassat, weil der Widerstand in der Front allmählich gebrochen ist, den Äquator und rückt nun schnell als mächtiger südwestlicher Luftstrom in den indischen Meeren gegen die Küste bis ins Innere des Landes vor. Der eine Ast, der Luftstrom in der Bai von Bengalen, geht teils nach Burma hinein, teils geht er im Norden der Bai ins Land. Vom Himalaja wird er aus seiner Richtung abgelenkt und gelangt durch das Gangestal aufwärts bis in das östliche Punjab. Für Bengalen resultieren hieraus südliche, für die Gangesebene aber östliche Winde. Der andere Ast, der Luftstrom im Arabischen Meere, läuft direkt auf die Westküste zu und verursacht auf der Halbinsel westliche, in Zentralindien und Rajputana westsüdwestliche Winde.

Die Karten des Juni bis September zeigen deutlich die Ausdehnung dieser beiden Äste der großen Luftbewegung vom Ozeane nach dem Süden von Indien. Zwischen ihnen liegt eine sich von Ober-Sind bis nach Orissa erstreckende zungenförmige Mulde, die fast dasselbe Gebiet wie der für die heiße Jahreszeit charakteristische Trog niedern Luftdruckes einnimmt. In ihr sind die Luftbewegungen sehr unregelmäßiger Art, so daß der Wind häufig zwischen Ost und West umläuft. Der Luftdruck ist in dieser Mulde niedriger als im Norden und Süden, sie stellt das Niederdruckgebiet des Südwestmonsuns dar, in dem die Zyklonen von der Küste in das Innere hinein verlaufen. Es verändert während der Jahreszeit seine Lage, je nachdem sich die Äste des Monsuns mehr oder weniger Geltung verschaffen.

Die Ausbildung der Luftbewegung zieht beträchtliche Änderungen in der Druckverteilung besonders in den Gegenden der Küste und auf der Halbinsel nach sich. Die Isobaren verlaufen mehr oder weniger durch die Halbinsel, Zentralindien und in der Bai von West nach Ost. Der Luftdruck ist im äußersten Westen der Mulde niedern Druckes in Ober-Sind am niedrigsten, er nimmt nach Süden in starkem Wechsel zu, der zu der allgemeinen Stärke des Monsuns in Beziehung steht und von ihr abhängig ist. Diese Lage erhält sich mit geringen Änderungen vom Juni bis zum August. Im September zeigt die mächtige Luftströmung ein Nachlassen der Aktivität und Stärke. Gegen Ende des Monates beginnt der Druck im obern Indien beträchtlich höher zu werden, und leichte, trockene Westwinde machen sich an den äußersten Grenzen, die die feuchte Strömung des Südwestmonsuns erreichte, bemerkbar. Ein allgemeines An-

wachsen des Druckes begleitet die Temperaturabnahme im Oktober mit dem Ergebnisse, daß beide, Temperatur und Luftdruck, über dem Gebiete äußerst gleichförmig werden. Westliche Winde wehen gewöhnlich im ganzen Norden und in Zentralindien. In der ersten Hälfte des Monates verläuft die Luftbewegung in der Bai auf Bengalen und Burma zu, sie kursiert um ein nur wenig ausgebildetes Tief in der Mitte der Bai, das der Rest der Zunge niedern Druckes der Monsunzeit ist und hierher durch den zunehmenden Luftdruck gedrängt wurde. Im November wandert dieses Tief weiter nach Süden, um Ende Dezember die Grenzen der Bai zu überschreiten. Bald nachher erreicht es die Niederdruckzone des Nordostpassates oder verwandelt sich in diese Zone. Unterdessen steigt im nördlichen Indien im Vergleiche zu Südindien der Tuftdruck unausgesetzt an, so daß schon, bevor noch das Minimum am Ziele angekommen ist, die kalte Jahreszeit und die für sie charakteristischen Luftdruckverhältnisse zur Ausbildung gelangt sind.

Temperatur. In der kalten Jahreszeit, vom November bis zum Februar, nimmt die Temperatur mit zunehmender Breite von Süden nach Norden ab, die Isothermen verlaufen daher nahezu parallel den Breitengraden. In der heißen Jahreszeit, die die nächsten drei Monate für sich in Anspruch nimmt, wird das Innere des Landes stärker als die Küstenstriche erwärmt. Das heißeste Gebiet, der thermale Herd nach Blanford, rückt langsam vom südlichen und zentralen Deccan nach Nordwestindien. Die Isothermen bilden nun geschlossene Kurven um ein zentrales Gebiet mit den höchsten Mitteltemperaturen des betreffenden Monates.

Vom Juni bis zum September, in der Jahreszeit des Südwestmonsuns oder der Regenzeit, ist die Temperatur in Ober-Sind, Südwest-Punjab und Nordwest-Rajputana ständig am höchsten. Nach Osten und Süden fällt sie schnell ab, bleibt aber in dem Gebiete der häufigen Regenfälle, das sich über zwei Drittel von Indien erstreckt, sehr gleichmäßig, dort ist daher in dieser Jahreszeit nur ein geringer Wechsel in der Temperatur zu verzeichnen. In der Regenzeit steigt im allgemeinen die Temperatur mit der zunehmenden Breite, eine Tatsache, die besonders beachtet zu werden verdient.

Blanford fand, daß in Indien die Temperatur im Mittel für je 450 Fuß (140 *m*) Erhebung über dem Erdboden um 1° F. abnimmt. Dieses Resultat hat aber nur für Mitteltemperaturen Gültigkeit. In der trockenen, heißen Jahreszeit nimmt die Temperatur in den heißen Ebenen Nordindiens in der heißesten Tageszeit schon für je 190 bis 200 Fuß (60 *m*) um 1° F. ab. Die Abnahme mit der Höhe in der heißesten Tageszeit wechselt mit den Jahreszeiten beträchtlich, sie ist am größten in der heißen Zeit und am kleinsten in der Zeit der heftigen Regen, in der der Gradient bis auf 1° F. für je 600 Fuß (180 *m*) herabsinken kann. Der vertikale Gradient ist in den Nachtstunden viel veränderlicher und unregelmäßiger als am Tage. In der trockenen Jahreszeit steigt gelegentlich in dem kältesten Teile der Nacht auf beträchtliche Entfernung hin die Temperatur mit der Höhe. Unter besonders günstigen Bedingungen kann dann die niedrigste Temperatur in den Bergstationen, wie z. B. Murree und Simla in Höhen von etwa 7000 Fuß (2000 *m*), um 10° F. höher sein als in den Stationen der Ebene, wie in Rawulpindi Lahore, Ludhiana, Roorkee usw. Es ist daher nicht möglich, für die Maxima und Minima der Temperatur feste Werte für die Änderung der Temperatur mit der Höhe anzugeben. —

Die Entfernung vom Meere und die Richtung der herrschenden Winde spielen für Indien eine große Rolle. In der trockenen Jahreszeit oder in der Zeit des Nordostmonsuns, vom November bis zum Februar, wiegen im ganzen Gebiete kontinentale oder Landwinde vor, sie veranlassen die für diese Zeit gewöhnliche Abnahme der Temperatur mit der Breite. In der heißen Zeit machen sich an der Küste Seewinde, im Innern aber trockene Landwinde geltend, sie schaffen den Gegensatz zwischen dem heißen Innern und den kühlern Küstengegenden. In der Zeit des Südwestmonsuns erstreckt sich der Einfluß der feuchten Winde ozeanischen Ursprunges, mit alleiniger Ausnahme

der Trockenregion Oberindiens — Ober-Sind, Südwest-Punjab und Nordwest-Rajputana — über das ganze Gebiet. Ausgiebiger Regen und gleichförmige Temperaturverhältnisse sind die Folge.

Atmosphärische Feuchtigkeit. Da die Luft an der Küste reicher an Wasserdampf ist wie im Innern, und auch die Temperatur in den Küstenstrichen fast das ganze Jahr hindurch niedriger als im Innern ist, so nimmt die relative Feuchtigkeit in allen Monaten mit Ausnahme von November bis Januar nach dem Innern zu ab. Außerordentlich rasch ist die Abnahme in den Heißwettermonaten. In dieser Zeit ist die Luft über dem ganzen Innern und besonders über dem nordwestlichen Teile des Landes, in dem der Einfluß der lokalen Seewinde äußerst gering ist, sehr trocken. Gelegentlich geht dann wohl die Feuchtigkeit an Stationen wie Jacobabad, Deesa, Jaypur, Agra, Lahore, Sirsa, Montgomery und Akola auf 5% herunter.

In der kalten Jahreszeit nehmen die Temperaturen und die Feuchtigkeit von den Küsten nach dem Innern ab, es ist daher die Änderung der Feuchtigkeit weit geringer als in der heißen Zeit. Am trockensten ist in dieser Jahreszeit die Luft im Deccan und in Nordbombay.

Sehr reich ist in der Zeit des Südwestmonsuns oder der Regenzeit im größten Teile von Indien die Luft an Wasserdampf, so daß sich dann nur geringe Unterschiede in der relativen Feuchtigkeit zeigen können, sie schwankt nur zwischen 80 und 90%.

Die wichtigsten Umstände, die den Gehalt der Luft an Wasserdampf bestimmen, sind die Entfernung vom Meere und der Charakter der Winde. Am kleinsten ist er in ganz Indien im Dezember und Januar, weil dann Landwinde vorherrschen. Durchweg am niedrigsten ist der Wasserdampfgehalt der Luft in Oberindien, vom Innern nach dem Meere zu wächst er an. Eine Zunahme an Wasserdampf beginnt mit dem Einsetzen der Seewinde an den Küsten. Diese Winde nehmen an Intensität und Ausdehnung in das Innere hinein von März bis Mai zu, daher steigt auch der Wasserdampf in den Küstenstrichen stetig und schnell an, im Innern langsamer und später, so daß erst im Mai eine Zunahme im Punjab bemerkbar wird. Die Umwandlung dieser lokalen Seewinde in die feuchten ozeanischen Luftströmungen des Südwestmonsuns hat ein großes und schnelles Anwachsen der absoluten Feuchtigkeit im ganzen Innern des Landes zur Folge mit dem Ergebnisse, daß die absolute Feuchtigkeit oder der Dampfdruck in den Monaten Juli und August weniger als in jedem andern Monate sich verändert, und daß die Änderung hauptsächlich auf die Unterschiede in der Höhe zurückzuführen ist.

Bewölkung. In der Kaltwetterperiode (November oder Dezember bis Februar) sind zwei Gebiete mit mäßig starker Bewölkung vorhanden. Das eine dieser Gebiete wird durch das Vorübergehen der Kaltwetterstürme im Norden Indiens bedingt, es ist am meisten ausgeprägt in der Himalajaregion (Bewölkung im Januar 4 bis 6), fällt aber im Süden der submontanen Region (Bewölkung im Januar 2 bis 4) schnell ab; das andere, in Südmadras und der Koromandelküste (Bewölkung im Januar über 3) erhält ihre stärkere Bewölkung von den über die Bai von Bengalen wehenden Winden. Zwischen diesen beiden Gegenden liegt ein Gebiet: der Konkan, der Deccan und das untere Burma, das fast ganz frei von Wolken ist.

Zur Zeit des heißen Wetters ist die Bewölkung am meisten an die lokalen Seewinde gebunden. Der Betrag ist daher dort am größten, wo die Winde am kräftigsten sind, und wo sie nach ihrem Landen auf Höhenzüge treffen. Gegenden wie Travancore, Malabar, Südmadras, Tenasserim, Bengalen und Assam weisen aus diesem Grunde eine größere Wolkenmenge auf. Eine stärkere Bewölkung haben auch die Himalajagegenden, doch tritt in ihnen schon im März und April ein Rückgang ein. Die am wenigsten bewölkten Gebiete müssen in dieser Zeit des Charakters der Winde wegen in Nordwest- und Zentralindien zu finden sein.

Während der Periode des Südwestmonsuns spielt für die Bewölkung das Ausdehnen der wasserdampfhaltigen Strömungen in das Land hinein die erste Rolle. Hierzu treten noch alle Umstände, die eine aufsteigende Bewegung in einem feuchten Luftstrome hervorrufen können, besonders aber der durch eine vorliegende Bergkette erzwungene Aufstieg der an Wasserdampf reichen Luftmassen. Auch die Zyklonen, die durch zur Ausbildung gelangte oder gelangende Gebiete niedern Druckes hindurchziehen, nehmen an der Vermehrung der Wolkenmasse teil. Am stärksten bewölkt sind daher die Küstenstriche, die verschiedenen Bergketten und die ihnen zunächst liegenden Gebiete, sowie die Gegenden nahe der Mulde niedern Luftdruckes in der Gangesebene und ihre Nachbargebiete, am wenigsten bewölkt hingegen ist das trockene und verhältnismäßig heiße Gebiet Oberindiens. Fast frei von Wolken bleiben die nicht von dem Südwestmonsun berührten Gegenden Baluchistans, Persiens und des Persischen Meerbusens.

Niederschlag. Die Einteilung des Jahres in Jahreszeiten gründet sich in Indien auf die charakteristischen Erscheinungen in der Luftbewegung und den sie begleitenden Niederschlag, es zerfällt in die trockene Zeit oder die Zeit des Nordostmonsuns und die nasse Zeit (Regenzeit) oder die Zeit des Südwestmonsuns. Erstere erstreckt sich vom Dezember bis zum April oder Mai, letztere nimmt den Rest des Jahres für sich in Anspruch. Die lokale Verteilung des Regenfalles fordert eine Gliederung jeder dieser Hauptperioden in je zwei Jahreszeiten. In der ersten Hälfte der trockenen Zeit vom Dezember bis zum Februar ist der Niederschlag vorzugsweise an flache Depressionen im nördlichen Indien in der Bergregion, der gebirgigen nördlichen und nordwestlichen Grenzgegend des Reiches, und in der Gangesebene gebunden. Der Schneefall ist in dieser Jahreszeit im Westhimalaja sehr beträchtlich, es fällt die Hauptmenge, die eine dauernde Erhaltung von Schnee- und Eismassen in dieser Region gewährleistet. Südwärts vom Himalaja nimmt der Niederschlag an Menge bald ab trotz seiner geringen und unsichern Menge ist er für den Anbau von Weizen und andern Getreidearten in Nord- und Zentralindien von hohem Werte. Dem Charakter der Temperaturverhältnisse Nordindiens entsprechend, bezeichnet man diese Zeit als kalte Jahreszeit. Die zweite Hälfte der trockenen Zeit ist die heiße Jahreszeit. Der Regen fällt hauptsächlich bei lokalen Gewittern und in solchen Küstengegenden, an denen Konvektionsströmungen vorhanden sind, oder die Luft zum Aufstiege, wie etwa durch dieVersperrung des Weges durch Bergketten, veranlaßt wird. Die Regenmenge ist sehr unregelmäßig verteilt und ist mäßig bis groß in Malabar, Tenasserim, Bengalen und Assam. Der Frühlingsregenfall in Assam ist für eine frühzeitige Teeernte von großer Wichtigkeit.

Die Niederschlagsmenge vom Mai bis zum November wird durch die Einströmung des großen ozeanischen Luftstromes, des Südwestmonsuns, herbeigeführt. Dieser Strom rückt gewöhnlich in den indischen Meeren in der letzten Woche des Mai oder in den ersten 14 Tagen des Juni vor, es tritt dann heftiger Regen an den Küstenstrichen der Präsidentschaft Bombay nach langer Trockenheit, die vom November bis gegen Ende des Mai gedauert hatte, ein. Er pflanzt sich schnell von der Küste von Bengalen und Bombay aus in das Innere des Reiches fort, und nun fällt in den nächsten drei Monaten der Regen in mehr oder weniger häufigen Schauern an der Westküste, im Deccan und in Nord- und Zentralindien. Gelegentliche Schauer treten, oft in Begleitung von Gewittern, in Süd- und Ostmadras auf, doch bleibt hier die Regenmenge der des nördlichen Indiens gegenüber immer nur gering. Diese Zeit allgemeinen Regenfalles im ganzen Gebiete, mit alleiniger Ausnahme eines Teiles von Madras und des Trockengebietes von Oberindien, dauert vom Mai oder Juni bis zum September, es ist die eigentliche Südwestmonsunzeit.

Während der übrigen drei Monate wird der Niederschlag hauptsächlich durch den Südwestmonsunstrom, der sich aus Nordindien zurückzieht, zu einem flachen Tief zusammenzieht und den Rückzug in der Bai von Bengalen

abwärts antritt, hervorgerufen. Bengalen und Burma erhalten in der ersten Zeit dieser Periode leichte bis mäßige Regen. Der Strom biegt gewöhnlich im nordöstlichen Teile der Bai um und setzt seinen Weg nahe der Westküste der Bai nach Süden fort. Die bedeutendste Menge Regen erhält daher nun die Präsidentschaft Madras, der zentrale und der südliche Deccan und Mysore. Die Menge des Niederschlages nimmt nach Süden hin zu, so daß die größten Mengen in Südkoromandel fallen. Der Regen ist also in den Teilen der Halbinsel am ausgiebigsten, in denen er in der vorhergehenden Regenzeit am dürftigsten und unregelmäßigsten war. Diese Periode häufigen Regenfalles im Süden und Osten der Halbinsel wird als die des abziehenden Monsuns bezeichnet.

In Beziehung auf den Regenfall ergibt sich daher die Einteilung des Jahres in:

Die trockene Jahreszeit . . . . . { Die kalte Jahreszeit. / Die heiße Jahreszeit.

Die nasse Jahreszeit oder Regenzeit { Die Jahreszeit des eigentlichen Südwestmonsuns. / Die Jahreszeit des abziehenden Südwestmonsuns.

Als Regentag wird ein Tag mit mindestens 0.1 Zoll Regenhöhe = 2.5 *mm* gerechnet.

Die Erfahrung lehrte, daß die Beobachtungen von 250 meteorologischen Stationen nicht genügen konnten, um ein klares Bild der Verteilung der Regenmenge zu geben, es wurde daher das Netz der Regenstationen derart erweitert, daß die Resultate von mehr als 2000 Stationen zur Benutzung vorlagen. Die Zahl der Tage mit Regen und die Regenmengen sind von dieser großen Anzahl von Stationen, die über 25 Jahre in Tätigkeit waren, abgeleitet. Die Karten geben den Niederschlag für alle Teile Indiens unter 3000 Fuß Meereshöhe an. Unmöglich war es natürlich, auf Karten, wie die vorliegenden, die sehr große Abweichung des Regenfalles mit der Höhe an Bergrücken, wie die Assam Hills, die Westghats und der Himalaja, zum Ausdruck zu bringen.

S t ü r m e. Die Stürme, deren Zugrichtung in den Nebenkarten gezeichnet ist, gehören zwei verschiedenen Arten an. Die erste ist die der zyklonischen Stürme, der Kaltwetterzeit der trockenen Periode des Jahres. Sie sind flache, aber umfangreiche Depressionen, von denen sich die meisten in Persien, dem Persischen Golfe oder Baluchistan und der Rest in Sind oder Rajputana bilden. Ihre Zugrichtung schwankt zwischen Ost und Ostsüdost, viele von ihnen durchziehen Indien auf dem Wege durch die Gangesebene auf Bengalen und Burma zu. Dichte Bewölkung, leichter bis mäßiger Regen und große Temperaturschwankungen sind die Begleiterscheinungen. Öfters sind bei ihnen Temperaturunterschiede zwischen der Front- und Rückseite von 20 bis 30° F. zu verzeichnen gewesen. Die Winde haben zyklonische Richtung, sind in den Ebenen Indiens verhältnismäßig schwach und erreichen selten — nur das Punjab macht eine Ausnahme — Sturmesstärke.

Die Kaltwetterstürme treten in den Monaten Dezember bis März auf und haben drei wohl ausgebildete Zugstraßen. Eine der Straßen geht von Ober-Sind an den Fuß der Vorberge nach Ludhiana und Roorkee; die zweite, am meisten eingeschlagene, führt von Sind durch Rajputana, Behar und Bengalen nach Burma, sie kann als die zentrale Zugstraße der Kaltwetterstürme bezeichnet werden, und die dritte, nur wenig betretene Straße führt weiter südlich im Norden der Halbinsel entlang. Alle Stürme vom Januar bis zum März sind dieser Art, kein Sturm wurde in dieser Periode aus dem Arabischen Meere und nur einer — zweifelhaften Charakters — aus der Bai von Bengalen bekannt.

Die zweite Art kommt nur in der nassen Jahreszeit oder in der Zeit des Südwestmonsuns vor. Diese Zyklonen sind räumlich von viel geringerer Ausdehnung als die Kaltwetterstürme, die barometrische Depression ist aber gewöhnlich viel beträchtlicher, so daß die Windstärke eine weit größere ist, und

sie sich häufig in der Nähe des Zentrums bis zur Orkanstärke steigert. Die in ihnen fallende Regenmenge ist gewaltig. Sie schlagen gewöhnlich eine westliche und daher eine den Kaltwetterstürmen entgegengesetzte Richtung ein und haben zuweilen in ihrem Kerne eine Stillenzone. Oft sind sie von Sturmwellen begleitet, die an der Küste viel Unheil anrichten können. Die größere Menge bildet sich auf dem Meere, nimmt mit der Annäherung an die Küste an Heftigkeit zu und verliert bei dem weitern Zuge über das Land hin an Intensität.

Stürme dieser Art kommen hauptsächlich in den Monaten Mai bis Dezember vor. Eine ausgebildete Zugstraße haben sie in der Zeit vom Juni bis zum September, wenn der Südwestmonsun in höchster Ausbildung ist. In dieser Zeit bilden sie sich mit wenigen Ausnahmen im Nordwesten der Bai von Bengalen und ziehen dann in dem Troge niedern Druckes entlang, der für diese Jahreszeit charakteristisch ist.

In den Monaten Mai und Oktober sind diese Stürme in der Zugrichtung und in ihrem Ursprunge auf der See so wechselnd, daß für sie eine bestimmte Bahn nicht festzulegen ist. Etwas mehr an den Ort gebunden sind sie im November und Dezember, sie schlagen dann von der Mitte der Bai aus eine westliche Richtung auf die Küste von Madras zu ein.

Wetterprognosen. Auf Grund eigener Erfahrungen an der Meteorologischen Zentralanstalt zu Stockholm seit 1890 ist Prof. Nils Ekholm zu folgenden Ergebnissen gelangt.[1]) Zunächst erinnert er daran, daß die Erforschung der physikalischen Beschaffenheit der obern Luftschichten mittels Drachen und Ballons auf die ganze dynamische Meteorologie ein neues Licht geworfen hat. „Nunmehr wissen wir, sagt er, daß die Verteilung des Luftdruckes an der Erdoberfläche und die Schwankungen desselben von einer Atmosphärenschicht bestimmt sind, deren Dicke mehr als 20 *km* beträgt, und in welcher die bestimmenden Einflüsse gar nicht mit zunehmender Höhe abnehmen, sondern eher immer mehr zunehmen. Infolgedessen wirken diese Einflüsse direkt nur auf den Luftdruck ein; die übrigen meteorologischen Elemente aber, welche an der Erdoberfläche beobachtet werden, treten an Bedeutung zurück. Somit ist der Luftdruck nahezu das einzige meteorologische Element, das bei der Prognose in Betracht zu ziehen ist, und die Verbesserung der Prognose hängt vor allem davon ab, daß die Luftdruckbeobachtungen so genau und so systematisch als möglich angestellt werden. In der Tat benutzen wir an der Stockholmer Zentralanstalt für die Prognosen der starken Winde und Stürme der Regel nach nur den Luftdruck. Die Windbeobachtungen werden fast nur als eine Kontrolle der Prognosen verwendet. Nur in seltenen Ausnahmen scheint die Verteilung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit nahe der Erdoberfäche für diese Prognosen von Bedeutung zu sein. Anders würde natürlich die Sachlage sein, wenn für die Prognosen regelmäßige und an vielen Orten angestellte Beobachtungen der obern Luftschichten zur Verfügung ständen. Dies aber ist wohl noch nur ein erwünschtes Ziel, dessen Erfüllung ebenso fern liegt als die Erfindung des lenkbaren Luftschiffes.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1907. p. 147.

Die bisherige Erfahrung, wenigstens was Schweden anbetrifft, hat uns gelehrt, daß die Sturmwarnung die einzige Prognose ist, welche mit den jetzigen Hilfsmitteln eine für die Praxis genügende Zuverlässigkeit erreichen kann. Dies beruht nicht darauf, daß das in gewöhnlicher Weise berechnete Trefferprozent besonders viel größer ist für die Sturmwarnungen als für die Vorhersage der Niederschläge und der Lufttemperatur. Der Grund liegt vielmehr darin, daß in der Regel die Sturmwarnungen immer zuverlässiger werden, je schwerer der zukünftige Sturm sein wird, so daß für die gefährlichsten Fälle das Trefferprozent nahezu gleich 100 ist und mit der Gefahr immer mehr in der Weise abnimmt, daß die meisten Fehler nur auf die wenig gefährlichen Grenzfälle eintreffen. Auch gelingt es meistens, die Zeit für das Eintreffen des Sturmes innerhalb einiger Stunden festzustellen und die Prognose mehrere Stunden und oft mehr als zwölf Stunden vor dem Eintreffen des Sturmes auszusenden.

In bezug auf Niederschlag, Temperatur und Gewitter aber ist es viel schwieriger, die Intensität, die Dauer und den Zeitpunkt der vorherzusagenden Erscheinung zu beurteilen, und die großen und langdauernden Niederschläge, sowie die großen Temperaturschwankungen, welche für die Praxis so überaus wichtig sind, können nicht mit genügender Sicherheit prognostiziert werden. Wenn z. B. die Prognose nur „Niederschlag" sagt, ohne angeben zu können, ob nur einige Tropfen oder ein langdauernder Gußregen zu erwarten ist, so ist dieselbe nicht von großem Werte. Dazu kommt, daß, besonders im Sommer, wo die Regenprognosen am meisten erwünscht sind, der Regenfall recht lokal ist, so daß man sich oft auf die unbestimmte Prognose: „Stellenweise Regen" beschränken muß. Auch in bezug auf die Lufttemperatur bestehen dieselben Schwierigkeiten, wenn auch in etwas geringerm Grade, und in bezug auf die Gewitter sind die Schwierigkeiten wohl am größten. Ob es für die Wissenschaft möglich sein wird, diese Übelstände zu beseitigen, und in welcher Weise dies geschehen soll, weiß ich nicht."

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 12716

UNIVERSITY OF CHICAGO
73 619 093